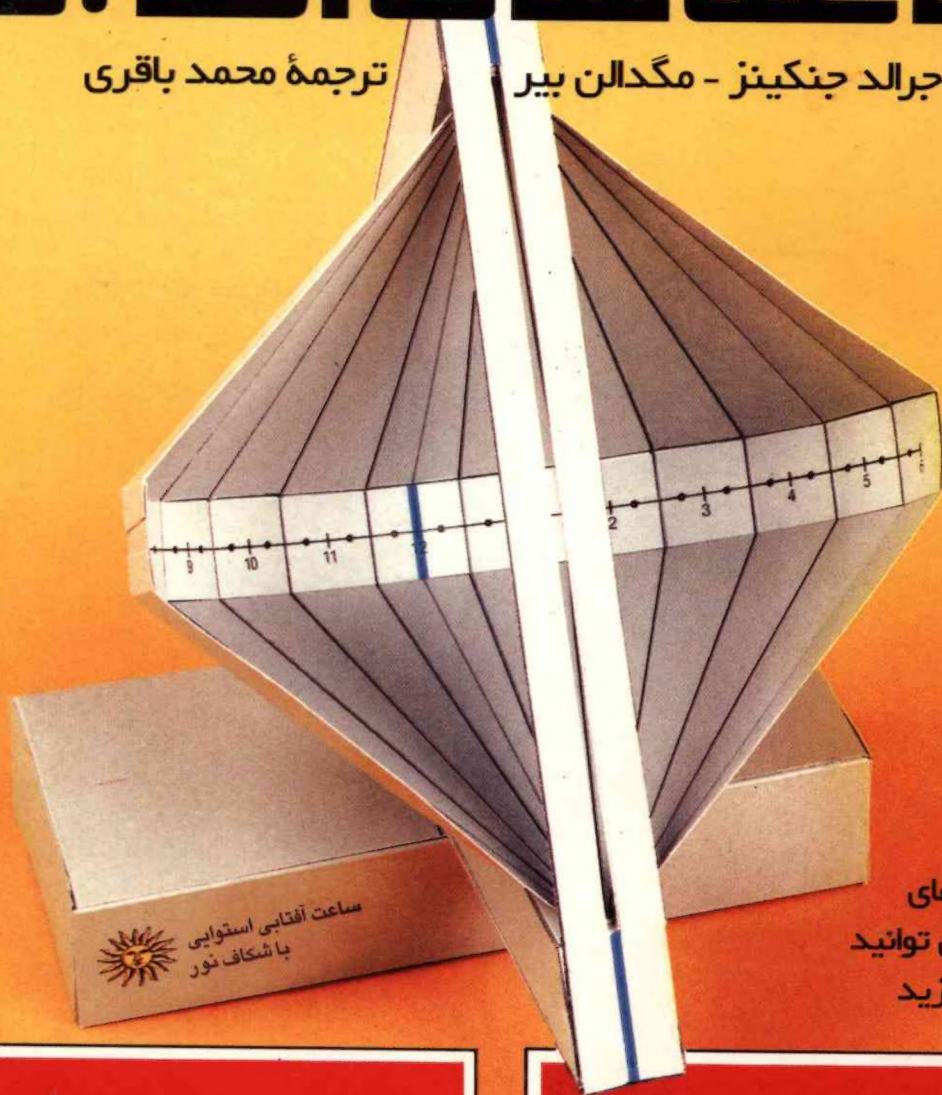
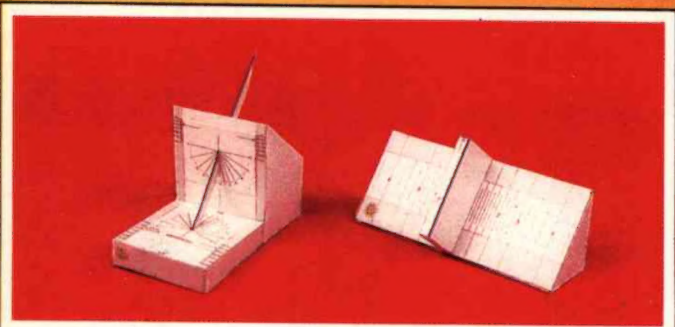


# شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی

جرالد جنکینز - مگدالن بیر ترجمه محمد باقری



مجموعه ای از کیت های  
ساعت آفتابی که می توانید  
خودتان بپسازید و بسازید



ساعت آفتابی سه تایی

ساعت آفتابی قطبی



قطب نمای خورشیدی

مسیر نمای خورشیدی



ساعت آفتابی استوایی دورویه

ساعت آفتابی افقی معمولی



استوانه زمان

ساعت ستاره ای





## شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی

جرالد جنکینز - مگدالن بیر

ترجمه محمد باقری

## ایام عزیز عمر دریاب!

تعیین زمان به روشی طبیعی جذابیت خاصی دارد و این مجموعه که شامل کیت‌های ۹ مدل مختلف است، شما را با روشهای گوناگون زمان‌سنجی آشنا می‌کند. بهترین راه شناخت ساعت‌های آفتابی، ساخت مدل‌هایی است که واقعاً بتوان با آن‌ها زمان را سنجید.

## توصیه‌هایی برای ساخت مدل‌ها

### نوع چسب

برای آن‌که مدل‌های خوبی بسازید بهتر است از چسبی استفاده کنید که سریع ولی نه فوری خشک شود. استفاده از چسب‌های مایع از نوع «اوهو» و همچنین چسب‌های معروف به «ماتیکی» توصیه می‌شود.

### تازدن

برای ساختن مدل‌های دقیق، دقت در تازدن بسیار مهم است. با این کار کاغذ در دوسوی خط مورد نظر، دقیق و تمیز تا می‌خورد. برای این کار، با خودکاری که جوهرش تمام شده است به کمک خط‌کش ردی روی خط مورد نظر بیندازید. از کارد هم می‌توانید استفاده کنید ولی مراقب باشید کاغذ را نبرید.

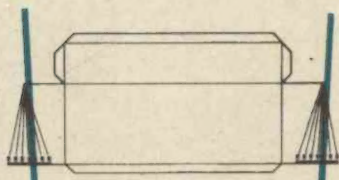
## ترتیب ساخت مدل‌ها

- ۱ همه تکه‌های هر مدل را با فاصله مناسبی از محدوده خارجی آن‌ها ببرید.
  - ۲ روی همه خط‌های تا، از جمله خط‌های تنظیم عرض جغرافیایی، رد بیندازید.
  - ۳ خط‌های برش مربوط به تنظیم عرض جغرافیایی محل را پررنگ‌تر کنید.
  - ۴ تکه‌های مدل را به دقت از روی محدوده خارجی آن‌ها ببرید و شکاف‌ها را دریاورید.
- ۵ تکه‌ها را با دقت در امتداد خط‌های تا خم کنید.
- ۶ اجزای مدل را مرحله به مرحله و با استفاده از لبه‌های A، B، C، و غیره به هم بچسبانید. به ترتیب حروف الفبا پیش بروید.
- ۷ لبه‌هایی که حروف الفبایی یکسان دارند باید همزمان چسبانده شوند.

## تنظیم عرض جغرافیایی



در این تکه روی خط‌های عرض جغرافیایی رد می‌اندازید و تا می‌کنید.



در این تکه روی خط‌های عرض جغرافیایی برش می‌دهید.

برای آن‌که ساعت آفتابی درست کار کند، باید مطابق عرض جغرافیایی محل تنظیم شده باشد. در این مدل‌ها تنظیم از طریق تا زدن یا برش در امتداد خطوط راهنما در برخی تکه‌ها انجام می‌شود. به شکل‌های رسم شده برای هر مدل توجه کنید.

همه این مدل‌ها را می‌توان برای هر عرض جغرافیایی بین ۲۵° شمالی تا ۴۰° شمالی تنظیم کرد. عرض جغرافیایی مراکز استانهای ایران در صفحه ۸ داده شده است.

## مراقب تابش آفتاب باشید!

یادتان باشد که این مدل‌ها از مقوا ساخته می‌شود و در اثر باران یا تابش طولانی آفتاب خراب می‌شوند. هر بار پس از استفاده، آن‌ها را در جای مناسبی بگذارید.



## کتابچه ساعت‌های آفتابی

لبه‌های اضافی را ببرید و کتابچه ساعت آفتابی را که حاوی مطالب و اطلاعات در این باره است، بسازید. در این‌جا توضیح داده شده است که چگونه چرخش زمین و گردش آن در مدارش به دور خورشید با طرز کار ساعت آفتابی و در واقع با روش‌های سنجش زمان مرتبط است.



Jenkins, Gerald

جنکینز، جرالد

شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی / جرالد جنکینز، مگدالن بیر؛ مترجمان محمد باقری، حدیث مجتهد کیاسری

تهران: شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، ۱۳۸۵

ISBN 964-445-774-9

۴۴ ص.؛ م.؛ مصور، جدول، نمودار.

فهرست‌نویسی بر اساس اصطلاحات فنی.

عنوان اصلی: Sundials & timedials: a collection of working models to cut-out and glue together

۱. ساعت آفتابی. ۲. زمان‌سنجی. ۳. کار دستی با کاغذ. بیر، مگدالن. Bear, Magdalen.

ب. باقری، محمد. ۱۳۲۹ - مترجم.

ج. شرکت انتشارات علمی و فرهنگی. د. عنوان.

۸۱ / ۱۱۱۲

۹ ش / ج ۲۱۵ QB

۱۳۸۵

کتابخانه ملی ایران

## شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی

نویسنده: جرالد جنکینز و مگدالن بیر

مترجم: محمد باقری

چاپ نخست: بهار ۱۳۸۵؛ شمارگان: ۲۰۰۰ نسخه

حروفچینی و آماده‌سازی: شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

لیتوگرافی: موج؛ چاپ: شیرین؛ صحافی: مهرآیین

حق چاپ محفوظ است.

اداره مرکزی: خیابان افريقا، چهارراه حقانی (جهان کودک)، کوچه کمان، پلاک ۴، کد پستی ۱۵۱۷۸ صندوق پستی ۹۶۴۷ - ۱۵۸۷۵

تلفن: ۷۱ - ۸۸۷۷۴۵۶۹؛ فاکس: ۸۸۷۷۴۵۷۲

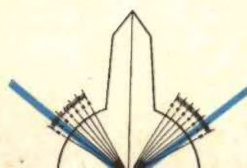
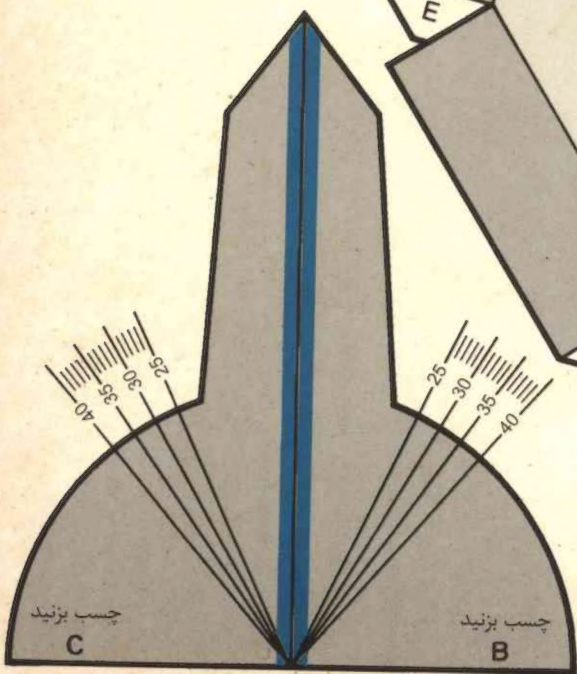
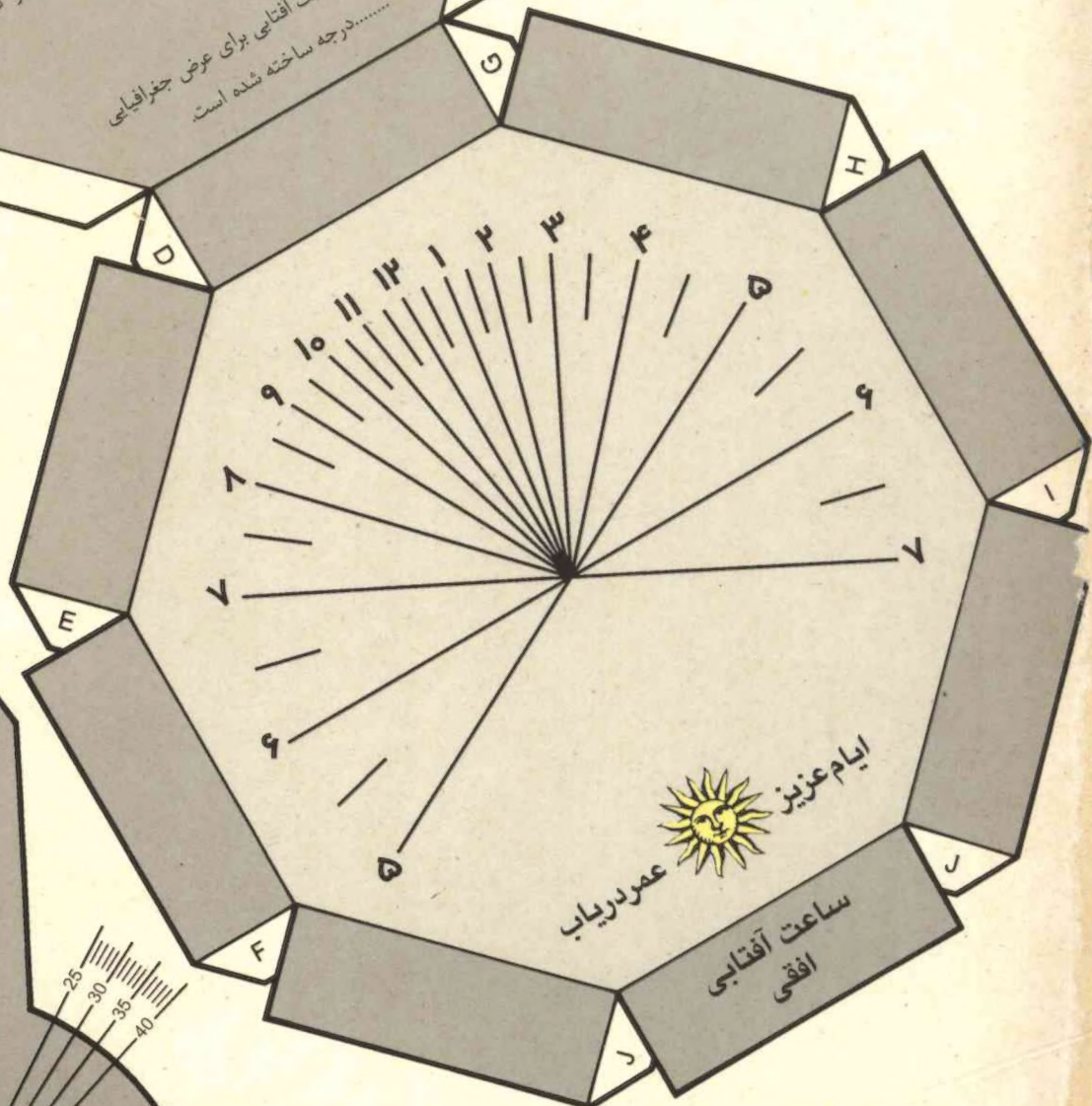
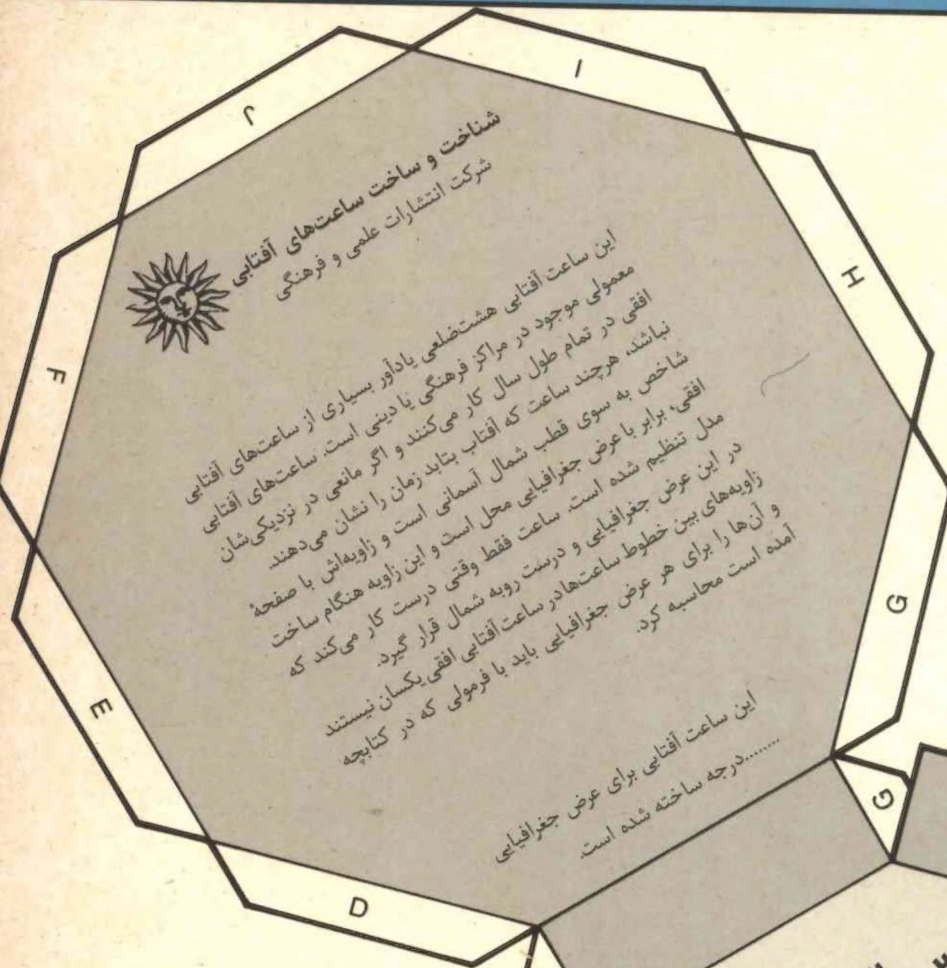
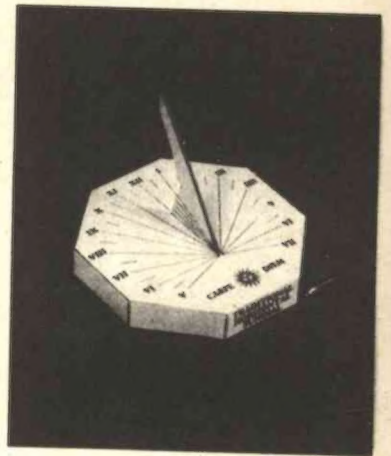
مرکز پخش: شرکت بازرگانی کتاب گستر، خیابان افريقا، بین بلوار ناهید و گلشهر، کوچه گلغام، پلاک ۱۱، کد پستی ۱۹۱۵۷۳۳۴۸۳

تلفن: ۴۲-۲۲۰۴۱۴۱؛ تلفکس: ۲۲۰۵۰۳۲۶

آدرس اینترنتی: [www.ketabgostar.com](http://www.ketabgostar.com) info@ketabgostar.com

فروشگاه یک: خیابان انقلاب - رویروی در اصلی دانشگاه تهران؛ تلفن: ۶۶۴۰۰۷۸۶





در خط مربوط به عرض جغرافیایی محل رد بیندازید و



G G

H

H

D

D

B

C

E



E

ساعت آفتابی افقی ۳۳ درجه  
برای عرض جغرافیایی  
قابل استفاده در عرض های جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه

C

J

J

F

F

A A

تا خط تای عرض  
جغرافیایی چسب بزنید

همچنین چسب بزنید  
تا خط تای عرض  
جغرافیایی

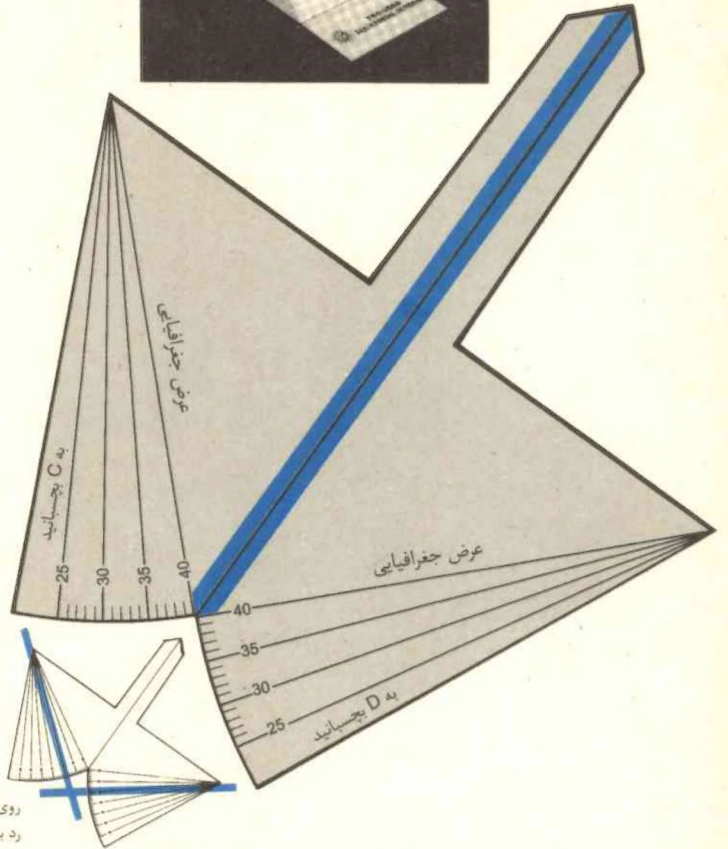
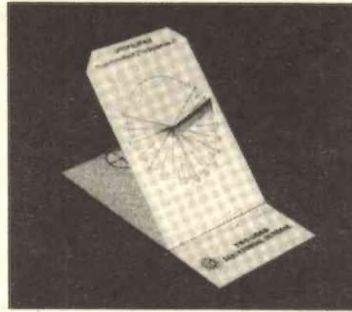




E

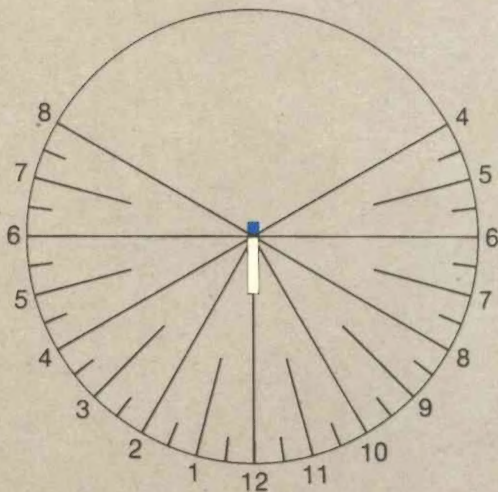


ساعت آفتابی استوایی دورویه

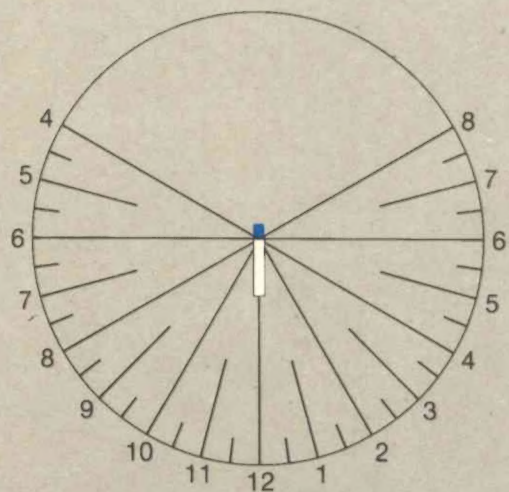


روی خط مربوط به عرض جغرافیایی محل  
رد بیندازید و به سمت خود تا کنید

رویه بالایی  
قابل استفاده از اول فروردین تا پایان شهریور



رویه پایینی  
قابل استفاده از اول مهر تا پایان اسفند







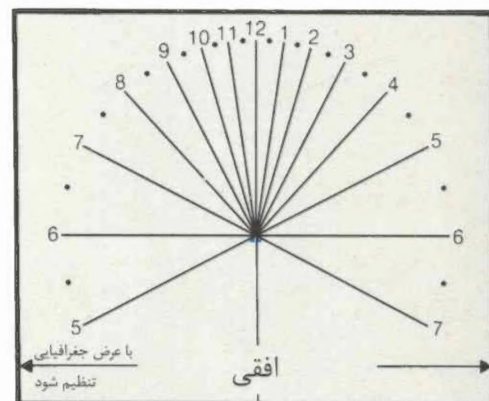
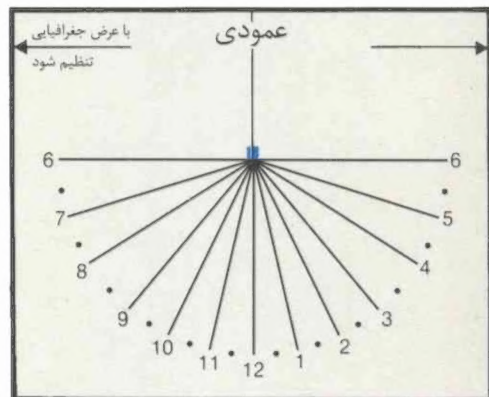
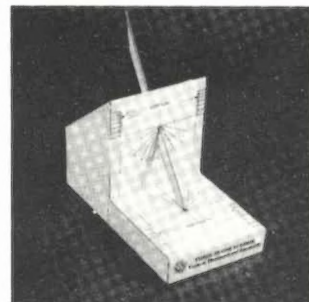
C D



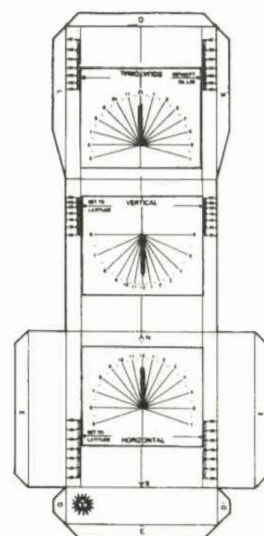
در ساخت این ساعت آفتابی، شاخص چنان تنظیم شده است که زاویه‌اش با صفحه افقی برابر با عرض جغرافیایی محل باشد. اگر شاخص در امتداد شمال - جنوب قرار گیرد زمان را می‌توان درست تعیین کرد زیرا در این حالت شاخص به‌سوی قطب شمال آسمانی است. رویه‌هایی که سایه شاخص رویشان می‌افتد با صفحه استوا موازی‌اند. وقتی خورشید در شمال استوا است، سایه بر رویه بالایی می‌افتد. وقتی خورشید در جنوب استوا است، سایه بر رویه پایینی می‌افتد.



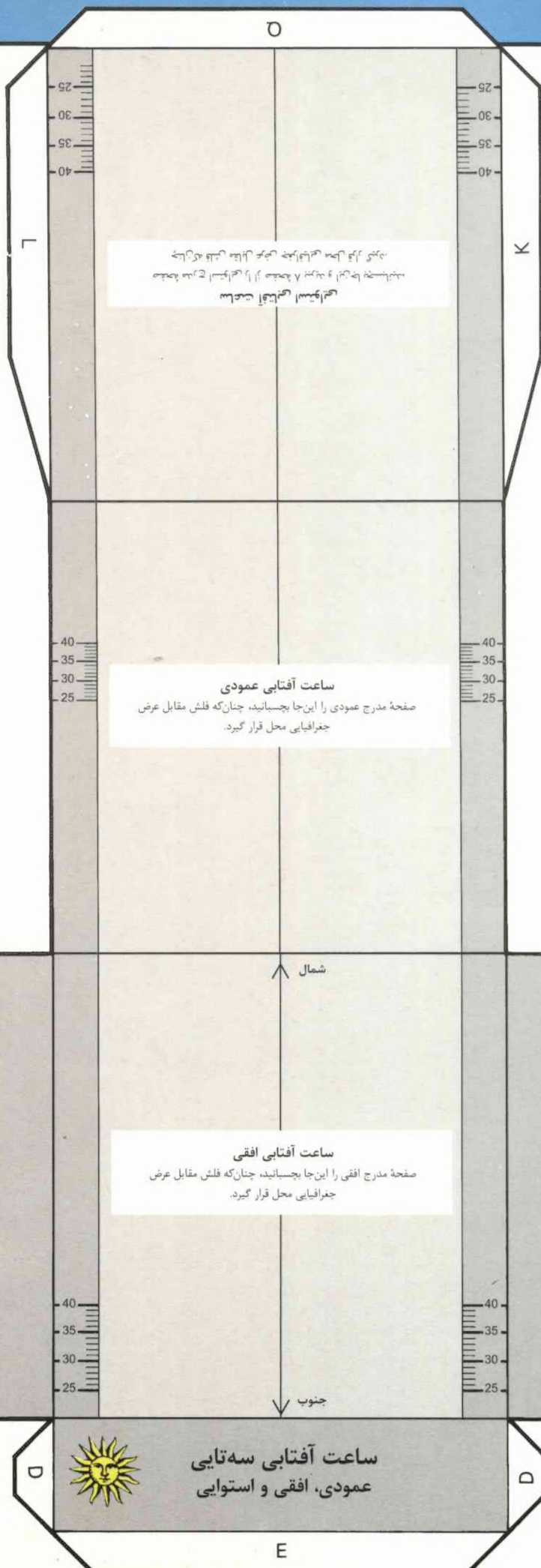




این ساعت‌های آفتابی برای عرض‌های جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه طراحی شده‌اند.



صفحات مدرج را در جای خود بچسبانید. سپس سه شکاف را برای شاخص در بیاورید.



ساعت آفتابی سه‌تایی  
عمودی

B<sub>1</sub>

قابل استفاده در عرض‌های جغرافیایی  
۲۵ تا ۴۰ درجه

ساعت آفتابی سه‌تایی  
افقی

C<sub>1</sub>

قابل استفاده در عرض‌های جغرافیایی  
۲۵ تا ۴۰ درجه

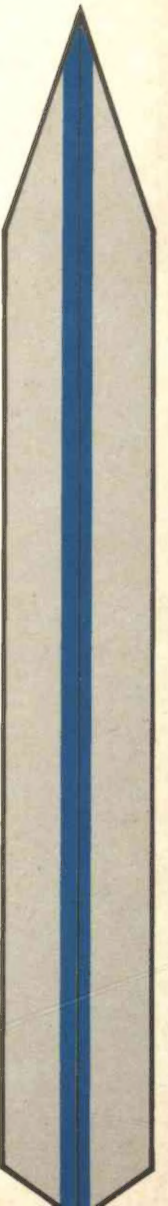
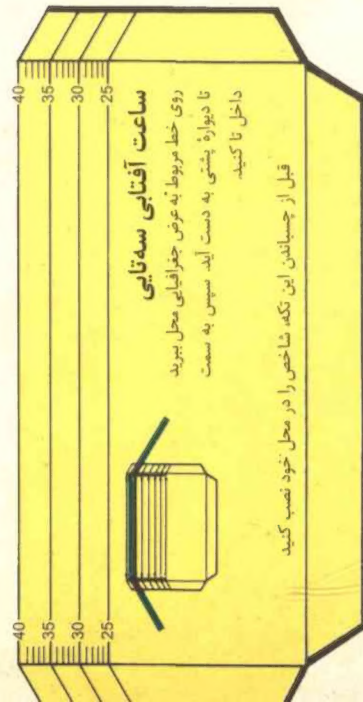
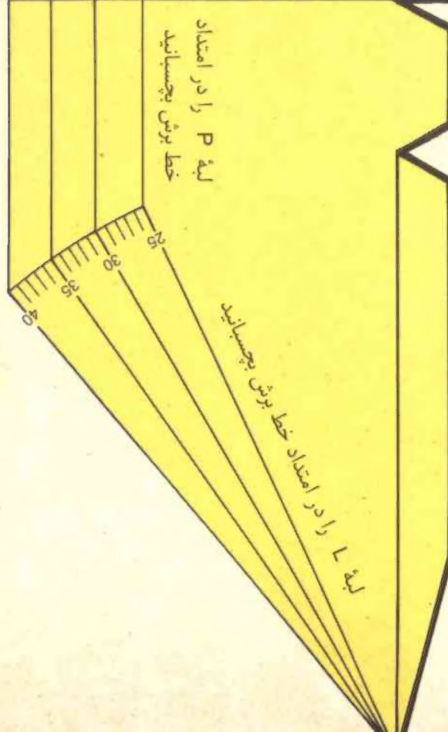
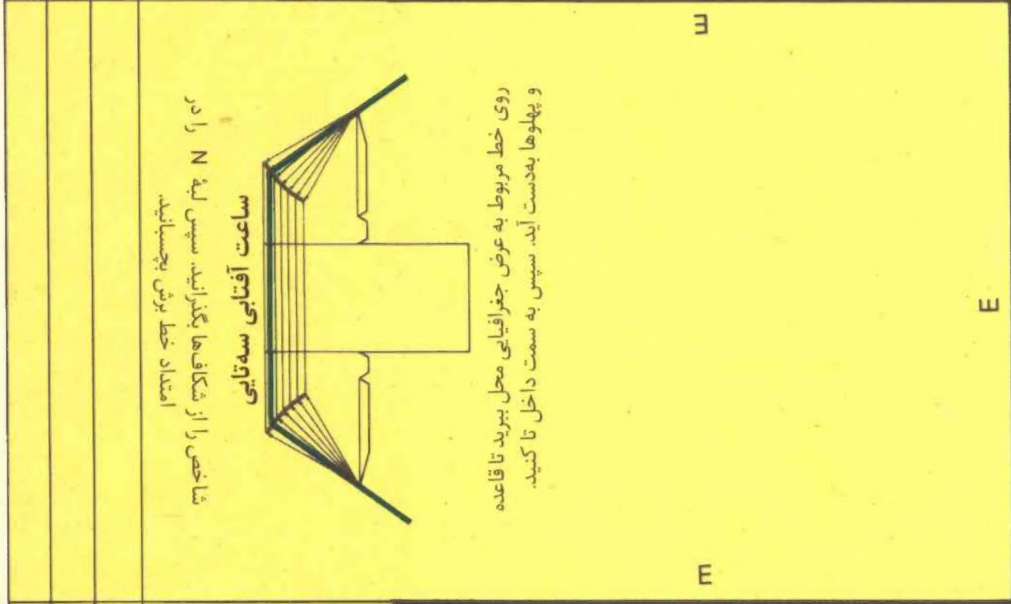
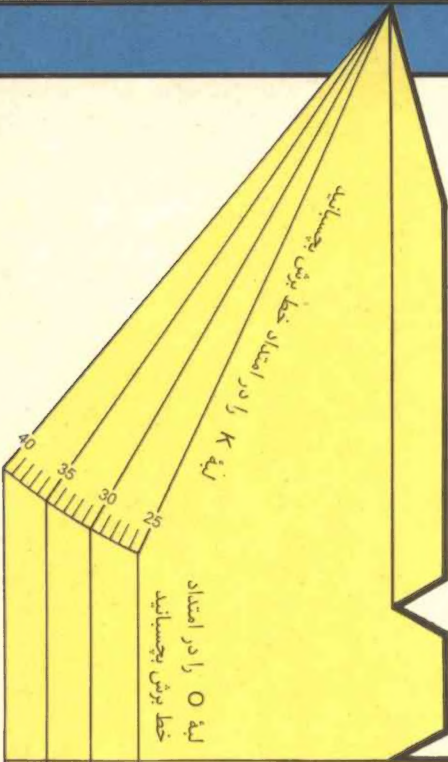
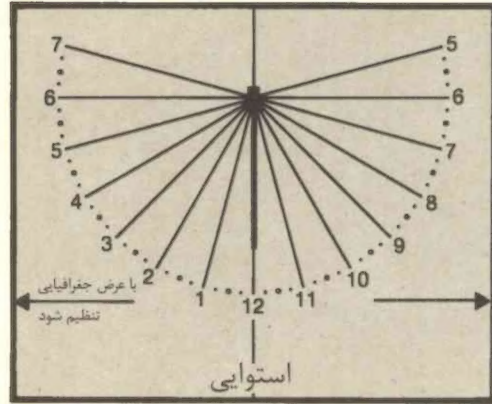
H

F

D

D









ساخت و ساعت‌های آفتابی  
شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

این مدل ارتباط بین سه نوع ساعت آفتابی عمودی، افقی و استوائی را به‌خوبی نشان می‌دهد. توجه کنید شاخص چگونه از هر سه صفحه می‌گذرد در هر سه نوع ساعت آفتابی شاخص موازی با محور زمین و به سوی قطب شمال آسمانی است.

زاویه ارتفاع قطب شمال آسمانی نسبت به صفحه افقی یا عرض جغرافیایی محل برابر است. پس، شاخص باید برای این زاویه تنظیم شود با تنظیم محل قلی در هر صفحه مدرج. شاخص در زاویه درست برای عرض جغرافیایی محل قرار می‌گیرد. مدلی که ساخته شد تنها در این عرض جغرافیایی کار می‌کند به شرطی که بر صفحه افقی، درست در راستای شمال جنوب قرار گیرد.

زاویه بین خطوط ساعت‌ها در صفحه مدرج استوائی دقیقاً  $15^\circ$  درجه و برای همه عرض‌های جغرافیایی یکسان است، اما زاویه بین خطوط ساعت‌ها در صفحه مدرج افقی و عمودی یکسان نیست و برای هر عرض جغرافیایی باید جداگانه محاسبه شود. در ساعت آفتابی با این مقیاس و چنین کافی است درجه‌بندی‌ها برای عرض  $32^\circ$  درجه محاسبه شود (که برای عرض‌های  $40^\circ$  تا  $75^\circ$  درجه قابل استفاده است).

ساعت آفتابی استوائی تنها رویه بالایی‌اش مدرج است، بنابراین تنها در یخار و تابستان کار می‌کند در پاییز و زمستان خورشید هیچ‌گاه به ارتفاعی نرسد که بتواند این رویه را روشن کند.

ساعت آفتابی سه‌تایی  
استوائی

A

برای همه عرض‌های جغرافیایی

J

H

F

G

O

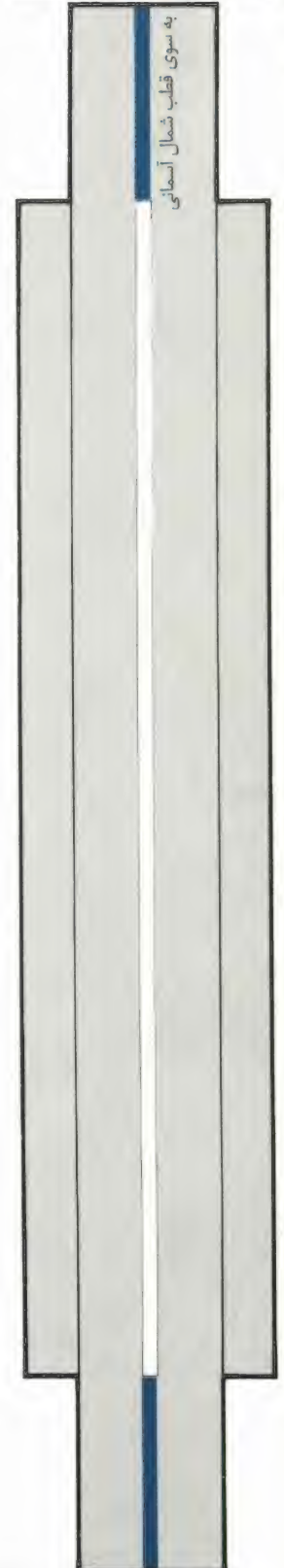
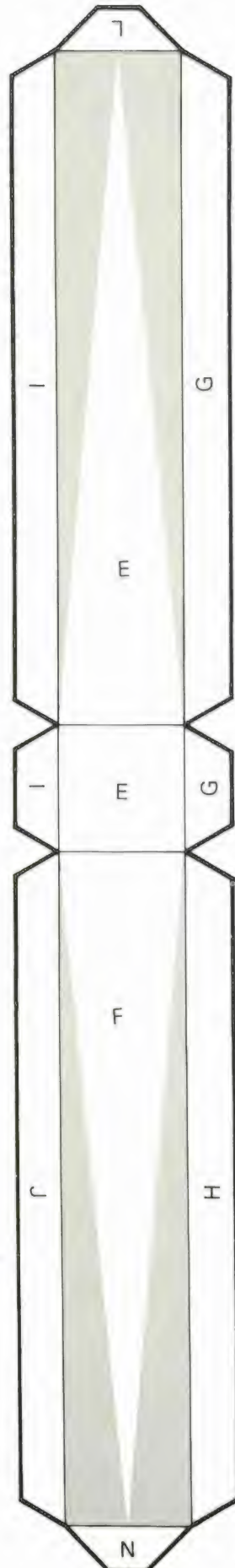
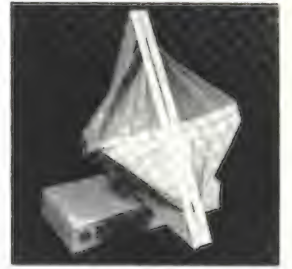
N



M  
W







مستطیل‌های جانبی را که برای استحکام شاخص است تا کنید و بچسبایید. سپس شکاف را برش دهید و درآورید.





## ساعت آفتابی استوایی با شکاف نور

C

V



شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی  
شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

ساخته شده برای  
عرض جغرافیایی

این طرح بسیار جالبی است زیرا رابطه بین محور چرخش زمین و صفحه استوا در آن دیده می‌شود. شکاف معنوی شاخص موازی با محور زمین و در امتداد دو قطب آسمانی است چنان‌که امتداد بالایی آن از درون آسمان و امتداد پایینی آن از درون زمین می‌گذرد. نیازی به صفحات مدرج بالایی و پایینی برای مواقع مختلف سال نیست زیرا صفحه متناظر با صفحه ساعت آفتابی استوایی معمولی در این مدل حذف شده است. خطوط ساعت‌ها به فاصله مساوی پیرامون لبه تیرونی «استوا» قرار گرفته‌اند. زاویه قاعده چنان تنظیم شده است که شاخص، زاویه‌ای مساوی با عرض جغرافیایی با صفحه افقی می‌سازد. پهنای باریکه نور در طول روز تغییر می‌کند؛ هنگام ظهر به پهن‌ترین مقدار و اوایل صبح و اواخر عصر به باریک‌ترین مقدار می‌رسد. بهتر است برای تعیین زمان وسط باریکه نور را که از «استوا» می‌گذرد تخمین بزنید.

T

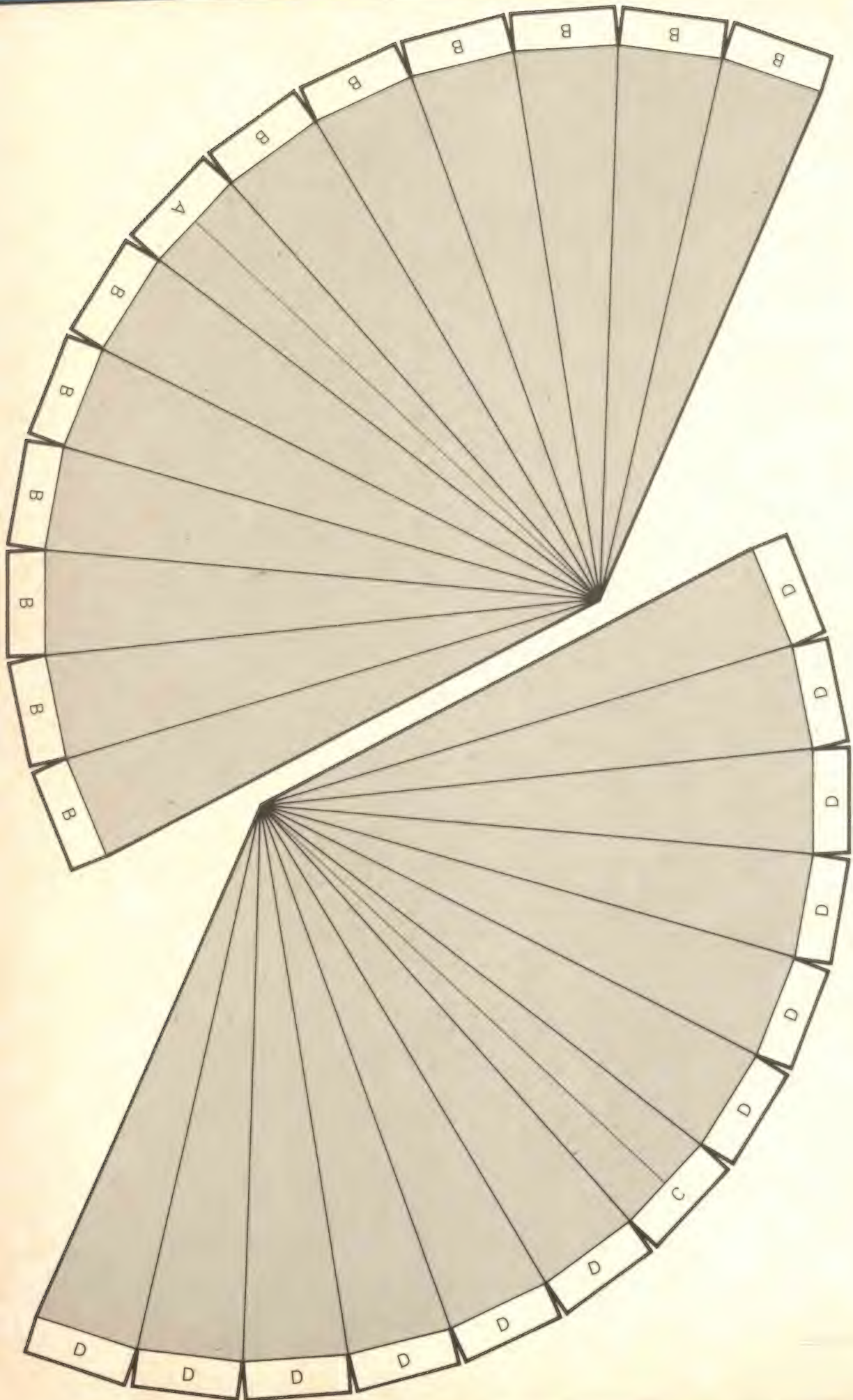
مستطیل جانبی برای استحکام شاخص

P

Q

مستطیل جانبی برای استحکام شاخص







B

B

B

B

B

B

A

B

B

B

B

B

B

D

D

D

D

D

D

C

D

D

D

D

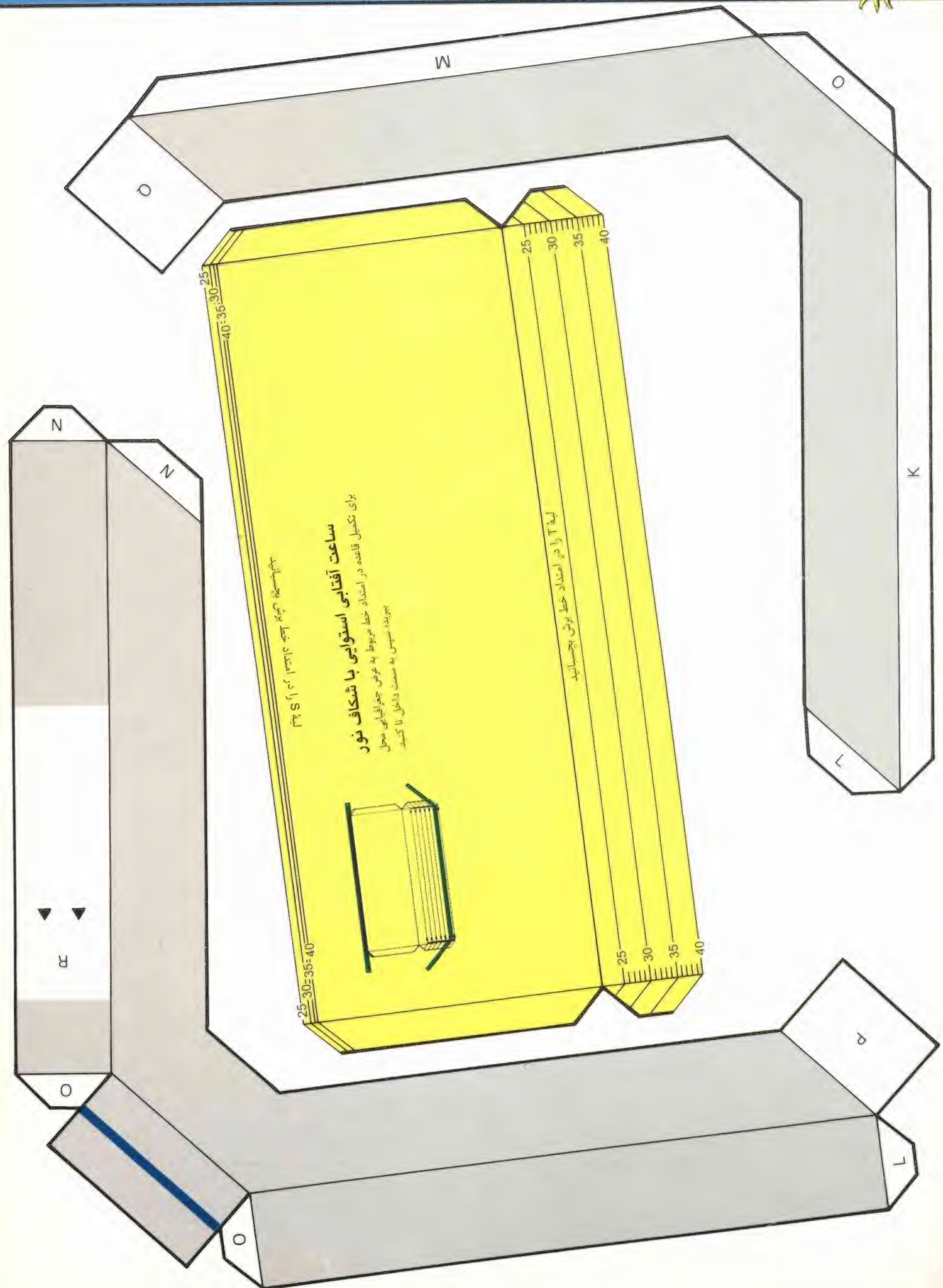
D

D

F

F







1

J

2

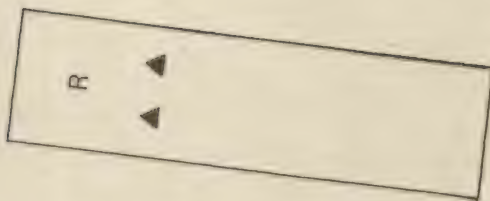
^

^

2

2

-



H

M

^

>

U

U

<

G

G

O

O

O

K





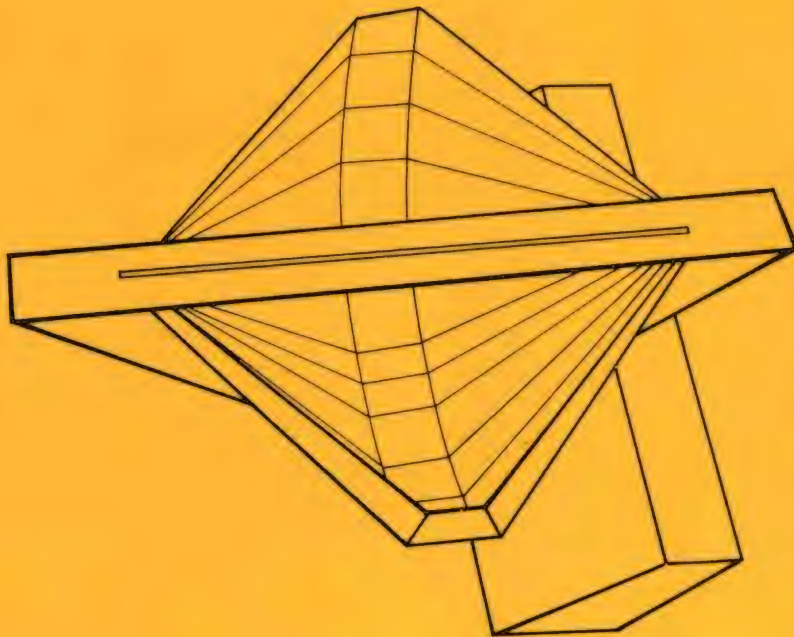
شرکت انتشارات علمی و فرهنگی  
تهران ۱۳۸۵

راهنمای ساختن کتابچه:

۱. برگه های بزرگ صافی را از کتاب اصلی جدا کنید.
۲. برگه های کتابچه را از محل تاخوردگی نصف کنید.
۳. هر برگه جدید را چنان تا کنید که علامت سر روی لبه بیرونی تا باشد.
۴. حاشیه اضافی برگه ها را به دقت ببرید.
۵. چهار برگه کوچک برش خورده و تا شده را داخل هم بگذارید تا کتابچه ای ۱۶ صفحه ای ساخته شود. دقت کنید که شماره صفحات به ترتیب باشد.
۶. با ماشین دوخت برگه ها را به هم متصل کنید.

# کتابچه ساعت های آفتابی

اطلاعات کلی و نظری



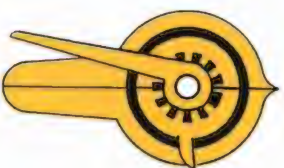
جرالد چنکینز - مگدالن بیر  
ترجمه حدیث مجتهد  
پیوست کتاب شناخت و ساخت ساعت های آفتابی



## ساعت ستارهای

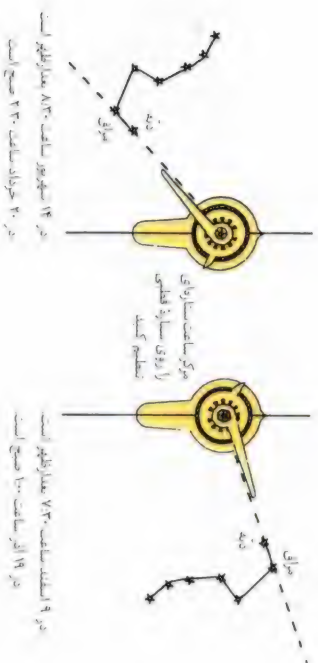
این وسیله براساس استفاده از سه ستاره درخشان نیمکره شمالی برای تعیین زمان در شب ساخته شده است. چون ستاره قطبی ثابت به نظر میرسد و مثل مرکزی است که ستاره‌های دیگر به دور آن می‌چرخند، می‌توانیم از آن به عنوان مرکز ساعت آسمانی بزرگی استفاده کنیم.

خطی که از ستاره قطبی به دو ستاره کناری دب اکبر ( $\alpha$  و  $\beta$ ) می‌گذرد (که دنبه و مراق نام دارند وصل شود، برای این منظور قابل استفاده است. با اندازه‌گیری زاویه‌ای که این خط در آسمان می‌سازد می‌توان زمان را تعیین کرد.



اگر زمین تنها به دور خود می‌چرخید و به دور خورشید نمی‌چرخید، ستاره‌ها هر شب در زمان یکسان، وضعیت یکسانی در آسمان داشتند، اما در اثر حرکت زمین به دور خورشید هر شب در مسیر اندکی متفاوتی به فضا نگاه می‌کنیم و ستاره‌ها هر شب دقیقه ۵۵ و ۹ ثانیه زودتر به وضعیت شب قبل می‌رسند. به همین دلیل است که برای تعیین زمان، تاریخ را روی ساعت ستارهای تنظیم می‌کنیم.

در این جا دو حالت برای تمرین دیده می‌شود.



زمانی را که با ساعت ستارای به دست می‌آورید مثل زمان ظاهری محلی است که ساعت اقلانی در طول روز نشان می‌دهد. با استفاده از تصحیح‌های بیان شده در صفحات ۱۱ و ۱۳ می‌توانید آن را به زمان ساعت دیواری تبدیل کنید.



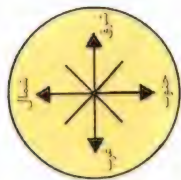
اصول حاکم بر همه ساعت‌های اقلانی خیلی ساده‌تر از آن است که اغلب مردم تصور می‌کنند و هدف این کتابچه آن است که این اصول را توضیح دهد و برخی فرمول‌های مفید را عرضه کند. امیدواریم ترکیب مدل‌ها در این مجموعه و توضیح‌های این کتابچه شما را برانگیزد تا چند ساعت اقلانی آزمایشی برای خودتان بسازید. هیچ لزومی ندارد که این ساعت‌های اقلانی پیچیده و دائمی باشند، بلکه می‌توانید نمونه‌های ساده و موقتی بسازید. آزمایش با طرح‌های ساده جالب است و بسیار خوشایند است که ببینیم ابراهامی ساده‌ای که ساختهایم زمان را با دقت نشان می‌دهند. شاید این کار ما را به ساختن ساعت‌های اقلانی دیگر یا مصالح دائمی‌تری بکشاند. استفاده از روشی طبیعی برای نشان دادن اموری بنیادی مثل زمان، بسیار جذاب است. این بند را هم هرگز از یاد نبرید: «ایام عزیز عمر درآب!»



## یافتن راستای شمال

ساعت آفتابی تنها وقتی درست کار می‌کند که شاخص آن به سوی قطب شمال آسمانی باشد. زاویه لیه شاخص با صفحه افقی برای عرض جغرافیایی محل نصب ساعت آفتابی، ضمن ساخت هر مدل تنظیم شده است. بنابراین، کافی است شاخص دقیقاً در راستای شمال قرار گیرد. در این‌جا سه روش برای تعیین دقیق راستای شمال جنوب بیان شده است:

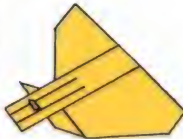
## روش اول استفاده از قطب‌نمای مغناطیسی



اغلب اشخاص برای یافتن راستای شمال بلافاصله به فکر قطب‌نمای مغناطیسی می‌افتند؛ اما قطب‌نمای مغناطیسی به سوی شمال مغناطیسی می‌ایستد که با شمال حقیقی یکی نیست. مقدار خطا انحراف مغناطیسی نامیده می‌شود که با گذشت زمان به کندی تغییر می‌کند. برای یافتن مقدار آن باید به نقشه‌ای با مقیاس بزرگ مراجعه کرد. در سال ۱۳۸۲ مقدار انحراف مغناطیسی در تهران تقریباً ۴ درجه شرقی بوده است.

قطب‌نمای مغناطیسی این مزیت را دارد که با آن می‌توانیم امتداد شمال جنوب را در هر زمان از شبانه‌روز، چه خورشید بتابد چه نتابد، به دست آوریم؛ اما باید مطمئن شویم که هیچ جسم آهنی در نزدیکی آن وجود ندارد، وگرنه ممکن است نتیجه خیلی نادرستی حاصل شود.

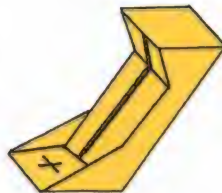
## روش دوم استفاده از قطب‌نمای خورشیدی



این ابزار برای یافتن امتداد شمال جنوب طراحی شده است. بنابراین وسیله مناسبی برای این منظور است. چون برای تنظیم آن از زمان ساعت دیواری استفاده می‌کنیم، باید تصحیح‌هایی را که در صفحات ۱۱ و ۱۲ بیان شده است به دقت اعمال کنیم.

امتداد شمال جنوب را در فاصله زمانی ۹ صبح تا ۳ بعدازظهر به وقت ظاهری محلی می‌توان تعیین کرد، به شرطی که هوا آفتابی باشد.

## روش سوم مسیر نمای خورشید



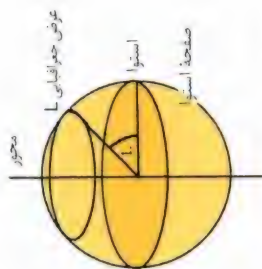
شاید این بهترین روش باشد اما فقط در ظلهر محلی می‌توان از آن نتیجه دقیق گرفت. با استفاده از تصحیح‌های بیان شده در صفحات ۱۱ و ۱۲ معلوم کنید ظلهر محلی در چه زمان ساعت دیواری خواهد بود. در این لحظه مسیر نمای خورشید درست رویه جنوب خواهد بود و می‌توانید امتداد شمال جنوب را تعیین کنید.

بد نیست راستای شمال جنوب را روی سطح افقی که مدل‌های ساعت آفتابی را روی آن می‌گذارید مشخص کنید. چون این مدل‌ها تنوایی‌اند آن‌ها را نمی‌توان همیشه در نور شدید آفتاب گذاشت. پس باید به راحتی بتوانید آن‌ها را دوباره در راستای درست بگذارید.

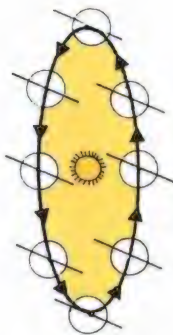
۱۳

## اولین اصول

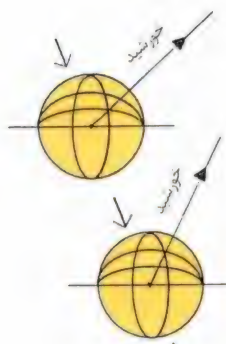
برای این‌که درایم ساعت‌های آفتابی چگونه کار می‌کنند باید چرخش زمین و مدار آن به دور خورشید را در نظر بگیریم.



صفحه استوا بر محور چرخش زمین عمود است.



صفحه دایره البروج



زمین در یک شبانه‌روز ۳۶۵ بار را می‌پیماید.

زمین به دور محوری گزرنده از دو قطب شمال و جنوب می‌چرخد و در ۲۴ ساعت و ۵۶ دقیقه و ۴۱ ثانیه یک دور کامل می‌زند همه نقاط روی زمین هم در این مدت یک دور کامل می‌چرخند.

باید درایم چرا طول شبانه‌روز که ۲۴ ساعت است، به اندازه زمان یک دور چرخش زمین نیست.

زمین همچنین در مداری به دور خورشید، در فاصله ۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰ کیلومتری آن می‌چرخد، در طول یک سال مدار کامل را طی می‌کند و صفحه حرکت آن **صفحه دایره البروج** نامیده می‌شود. چرخش زمین همیشه در یک راستا باقی می‌ماند.

هر روز زمانی را که خورشید در بالاترین نقطه‌اش در آسمان دیده می‌شود «ظهر» می‌نامیم. همه مکان‌های روی یک نصف‌النهار، ظلهر مشترکی دارند. در هنگام ظلهر، نصف‌النهار ما بخشی از سطح زمین است که درست رویه‌ی خورشید قرار دارد.

زمان را روی زمین از ظلهر یک روز تا ظلهر روز بعد اندازه می‌گیریم. این مدت زمان به ۲۴ ساعت مساوی تقسیم می‌شود. چون زمین در ۲۴ ساعت ۳۶۵ مدار خود را هم می‌پیماید، باید اندکی بیشتر از یک دور بچرخد تا دوباره درست رویه‌ی خورشید قرار بگیرد. میانگین زمان این چرخش اضافی ۳ دقیقه و ۵۵.۹ ثانیه است. به همین علت است که طول شبانه‌روز با زمان یک دور چرخش زمین مساوی نیست.

۲



## ۲- تصحیح مربوط به تعدیل زمان

چون مدار زمین دایره کامل نیست و محور چرخش زمین نسبت به صفحه دایره البروج کج است، مدت زمان از یک ظهر تا ظهر بعدی، بسته به فصل سال، کمی تغییر می‌کند. اگر زمان ساعت دیواری از روزی به روز دیگر منتقل باشد مشکل ایجاد می‌شود. بنابراین، زمان ساعت دیواری، زمان میانگین طی یک سال کامل است. این زمان «زمان میانگین» نام دارد. «تعدیل زمان» که بهتر است «یکسان‌سازی زمان» خوانده شود، مربوط به تفاوت بین «خورشید واقعی» و «خورشید میانگین» است. این سوئیم تصحیحی است که باید در زمان ساعت آفتابی اعمال شود تا زمان ساعت دیواری به دست آید.

کارت ویژه تعدیل زمان (صفحه ۱۵ کتاب شناخت و ساخت ساعت های آفتابی) مقادیر این تصحیح در طول سال را به دست می‌دهد و تصحیح‌های را یادآوری می‌کند.

## ۳- تصحیح مربوط به زمان تابستانی

بیشتر کشورها ساعت خودشان را در تابستان جلو می‌برند. این کار باعث می‌شود که عصرها تا ساعت دیگری هوا روشن باشد و مقدار قابل توجهی زغال سنگ، نفت، گاز و برق صرفه جویی شود. این زمان را معمولاً «زمان تابستانی» می‌نامند.

در ایران از آغاز سال ۱۳۸۵ ساعتها در بهار و تابستان جلو کشیده نمی‌شود. بنابراین نیازی به اعمال این تصحیح نیست.

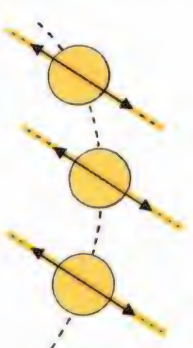
## تبدیل زمان

مجموع این سه تصحیح «تلفاض روزانه» خوانده می‌شود. با آن می‌توانیم زمان ساعت آفتابی را به زمان ساعت دیواری تبدیل کنیم یا به‌عکس.

$$\text{زمان ساعت دیواری} = \text{تلفاض روزانه} + \text{زمان ساعت آفتابی}$$

| مثال ۱  | آهوان در ۲۶ فوروردین |
|---|----------------------|
| طول جغرافیایی آهوان ۴۰ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی یا تقریباً ۶۰٫۹۱ شرقی است. نصف النهار مبدأ ایران در طول جغرافیایی ۵۲٫۱۵ شرقی است. پس آهوان در ۸۷۳ شرق نصف النهار مبدأ واقع است. |                      |
| ۱. تصحیح مربوط به طول جغرافیایی (۲۱ دقیقه در هر درجه)   | ۳۲۱۲ - دقیقه         |
| ۲. تعدیل زمان در ۲۶ فوروردین (۶ دقیقه و ۴ ثانیه)  | ۰۸ - دقیقه           |
| تلفاض روزانه =  | ۳۲۲۰ - دقیقه         |
| وقتی ساعت آفتابی ساعت ۱۲ را نشان دهد ساعت محلی تقریباً ۱۱ و ۲۷ دقیقه را نشان می‌دهد.  |                      |
| مثال ۲  | رشت در ۱۱ اسفند      |
| طول جغرافیایی رشت ۴۴ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی یا تقریباً ۴۹٫۹۱ شرقی است. پس در ۲۹ غرب نصف النهار مبدأ واقع است.   |                      |
| ۱. تصحیح مربوط به طول جغرافیایی (۴۶ دقیقه در هر درجه)   | ۰۱۱۴ - دقیقه         |
| ۲. تعدیل زمان در ۱۱ اسفند (۲۱ دقیقه و ۱۱ ثانیه)   | ۱۲۱۲ - دقیقه         |
| تلفاض روزانه = ۲۳ دقیقه و ۲۸ ثانیه  | ۲۳۱۸ - دقیقه         |
| وقتی ساعت آفتابی ساعت ۱۲ را نشان دهد ساعت محلی تقریباً ۱۲ و ۲۴ دقیقه را نشان می‌دهد.  |                      |

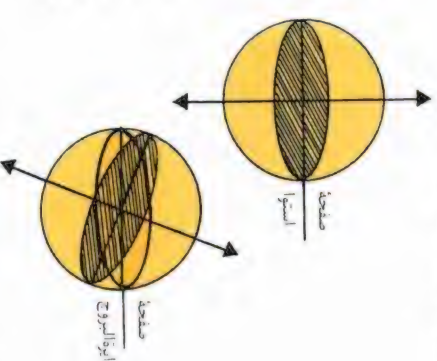
## قطب‌های آسمانی



یک ستاره نسبتاً درخشان نزدیک به قطب شمال آسمانی وجود دارد که اسم آن **ستاره قطبی** است، و برای موارد عملی می‌توانیم بگوییم که در قطب آسمانی قرار دارد. در نیمکره جنوبی آسمان چنین ستاره مفیدی وجود ندارد.

## محور زمین کج است

محور زمین بر صفحه استوا عمود است، اما بر صفحه دایره البروج عمود نیست. زاویه بین صفحه استوا و صفحه دایره البروج ۲۳ درجه و ۲۶ دقیقه است.



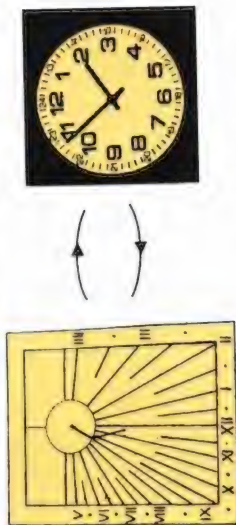
ضمن گردش زمین به دور خورشید، محور چرخش آن همیشه در یک راستا می‌ماند. بسته به موقعیت زمین در مدارش، نور خورشید با زاویه متفاوتی نسبت به صفحه استوا به زمین می‌تابد. از روی زمین مسیر خورشید در آسمان ظاهراً هر روز قدری تغییر می‌کند.

برای کار با ساعت آفتابی بهتر است دیدگاه زمین مرکزی اختیار کنیم. می‌توانیم فرض کنیم خودمان ثابتیم و جهان در حال حرکت به دور ما است. در این صورت خورشید ظاهراً در مسیر مارپیچ ملایمی به دور زمین می‌چرخد که دوره آن یک سال طول می‌کشد. در عرض جغرافیایی خاصی که به تدریج با فصل تغییر می‌کند، خورشید در لحظه ظهر درست از بالای سر می‌گذرد. تمام عرض‌های جغرافیایی که در آن‌ها خورشید زمانی درست از بالای سر می‌گذرد، در نواری بر دو سوی خط استوا بین عرض‌های ۲۳ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و ۲۳ درجه و ۲۶ دقیقه جنوبی واقعند که آن را **منطقه استوایی** می‌نامند.



## زمان ساعت آفتابی و زمان دیواری

ساعت آفتابی زمان را به‌طور کامل نشان می‌دهد؛ ساعت مجی و ساعت دیواری هم همین کار را می‌کنند. اما ساعت آفتابی و مثلاً ساعت دیواری به‌ندرت زمان را یکسان نشان می‌دهند، زیرا آن‌ها چیزهای یکسانی را اندازه نمی‌گیرند.



ساعت‌های آفتابی «زمان محلی ظاهری» را اندازه می‌گیرند که براساس ظهور در طول جغرافیایی محلی است. زمانی را که خورشید در جنوب قرار می‌گیرد یا از نصف‌النهار می‌گذرد ظهور محلی می‌نامیم. طول جغرافیایی جاهایی که خورشید در حال گذر از نصف‌النهار آن‌ها است، به‌طور یکپارچه با سرعت ۱۵ درجه در ساعت به سوی غرب جابه‌جا می‌شود. مثلاً طول جغرافیایی رشت ۴۹°۱۶' شرقی و طول جغرافیایی تهران ۵۱°۴' شرقی است؛ پس تفاوت طول جغرافیایی آن‌ها ۱/۸ درجه است و در نتیجه ظهور محلی رشت همیشه ۷/۲ دقیقه یا ۷۲ ثانیه دیرتر از ظهور محلی تهران است (دقیقه ۷/۲ = ۱۵ × ۶۰ / ۱۸۸). بنابراین، ساعت آفتابی در رشت همیشه زمان را ۷ دقیقه و ۱۲ ثانیه کمتر از ساعت آفتابی در تهران نشان می‌دهد.

چنین تفاوتی در زمان ساعت‌های دیواری موجب دردسر می‌شود، بنابراین در همه جای ایران زمان براساس نصف‌النهار مبدأ رسمی ایران، که از طول جغرافیایی ۵۲°۵' شرقی می‌گذرد، بنیان می‌شود و ساعت مجی در رشت همان زمان ساعت مجی در تهران را نشان می‌دهد. وقتی ساعت آفتابی در رشت ساعت ۱۲ را نشان دهد، ساعت مجی در رشت ساعت ۷ و ۱۲ دقیقه را نشان می‌دهد که هر دو درست‌اند.

برای این‌که بتوانیم یک نوع از زمان را به نوع دیگر تبدیل کنیم باید سه تصحیح مختلف را اعمال کنیم:

### ۱- تصحیح مربوط به طول جغرافیایی

چنان به ۲۴ منطقه زمانی تقسیم شده است که هر کدام براساس نصف‌النهار مرجع گرینویچ تعیین شده‌اند. استوایی زمان این منطقه‌ها را نشان می‌دهد.

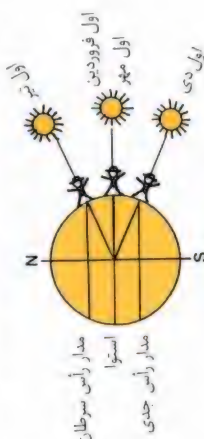
برای اعمال تصحیح مربوط به طول جغرافیایی باید طول جغرافیایی محل خودتان و طول جغرافیایی نصف‌النهار مبدأ را برای منطقه زمانی خودتان بدانید. سپس، بسته به این‌که در شرق یا غرب نصف‌النهار مبدأ باشید، به ازای هر درجه ۴ دقیقه کم یا زیاد می‌کنید. (طول جغرافیایی مراکز استانی ایران در جدول صفحه ۸ کتاب شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی داده شده است.)

تنها اگر روی یکی از نصف‌النهارهای مربوط به ساعت‌های استاندارد زندگی می‌کنید لازم نیست این تصحیح را اعمال کنید. خوشبختانه مقدار این تصحیح برای یک مکان همیشه ثابت می‌ماند.



۱۱

از اول دی تا اول تیر به نظر می‌رسد که مسیر حرکت خورشید هر روز اندکی شمالی‌تر است؛ در اول فروردین از استوا می‌گذرد و در اول تیر در عرض جغرافیایی ۲۳ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی (مدار رأس سرطان) از بالای سر می‌گذرد. سپس به نظر می‌رسد که مسیر حرکتش هر روز قدری جنوبی‌تر است، در اول مهر از استوا می‌گذرد و در اول دی دوباره به جنوبی‌ترین موضع خود در ۲۳ درجه و ۲۶ دقیقه جنوبی (مدار رأس جدی) می‌رسد.



عرض جغرافیایی نقطه‌ای که خورشید درست از بالای سر آن‌ها می‌گذرد، میل خورشید نامیده می‌شود و تغییرات سالاانه آن در زیر داده شده است.

### میل خورشید

این عددها برحسب درجه و دهم درجه و مقادیر میانگین برای هر دوره چهارساله کیبسه هستند. در هر سال به خصوص مقدار میل خورشید ممکن است تا ۰/۳ درجه متفاوت باشد، ولی این عددها برای اغلب کاربردها دقت کافی دارند.

| تاریخ | خرداد | تیر  | مرداد | شهریور | مهر  | آبان | آذر    | دی     | بهمن   | اسفند  |
|-------|-------|------|-------|--------|------|------|--------|--------|--------|--------|
| ۱     | ۱۱/۶  | ۲۰/۳ | ۲۳/۴  | ۲۰/۲   | ۱۱/۶ | ۰/۲  | -۱/۱/۲ | -۲/۱/۰ | -۲/۰/۱ | -۱/۱/۲ |
| ۶     | ۲/۰   | ۱۳/۳ | ۲۱/۲  | ۱۹/۱   | ۹/۹  | -۱/۸ | -۱۲/۱۰ | -۲۳/۳  | -۱۸/۹  | -۹/۴   |
| ۱۱    | ۳/۹   | ۱۴/۹ | ۲۲/۰  | ۱۷/۹   | ۸/۱  | -۳/۷ | -۲۱/۹  | -۲۳/۱  | -۱۷/۶  | -۷/۴   |
| ۱۶    | ۵/۸   | ۱۶/۴ | ۲۱/۶  | ۱۶/۶   | ۶/۳  | -۵/۶ | -۲۲/۵  | -۲۲/۶  | -۱۶/۲  | -۵/۵   |
| ۲۱    | ۷/۷   | ۱۷/۷ | ۲۳/۰  | ۱۵/۲   | ۴/۴  | -۷/۵ | -۲۳/۰  | -۲۱/۹  | -۱۴/۶  | -۳/۵   |
| ۲۶    | ۹/۵   | ۱۹/۰ | ۲۳/۳  | ۱۳/۶   | ۲/۵  | -۹/۴ | -۲۳/۳  | -۲۱/۸  | -۱۳/۰  | -۱/۶   |

### یک مشاهده جالب

خورشید هر روز ظاهراً به حداکثر زاویه ارتفاع خود می‌رسد و این حداکثر ارتفاع برای هر روز با یک فرمول ساده به میل خورشید مربوط می‌شود.

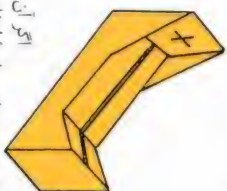
مثال: ارتفاع خورشید هنگام ظهور در رشت که عرض جغرافیایی آن ۳۷°۱۳' درجه است، ۶۹°۱۵' درجه اندازه‌گیری شد. متضمّن این عرض جغرافیایی.

$۳۷°۱۳' - ۵۲°۱۷' = ۹°۰'$  درجه میل خورشید در آن روز  $۵۲°۱۷' - ۶۹°۱۵' = ۱۶°۸'$  درجه یا ۱۶ درجه و ۴۸ دقیقه بوده است. از روی نقشه‌های جغرافیایی می‌توان دریافت که در آن روز خورشید تقریباً از بالای سر شهر بیجاپور در هند (در عرض جغرافیایی ۱۶°۹' درجه) می‌گذشته است. همچنین به کمک جدول این صفحه (با استفاده از روش درونیایی) می‌توان گفت که آزمایش باید در روز ۸ اردیبهشت یا در روز ۱۵ یا ۱۶ مرداد انجام شده باشد.

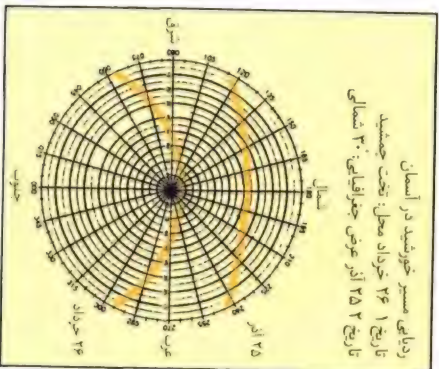
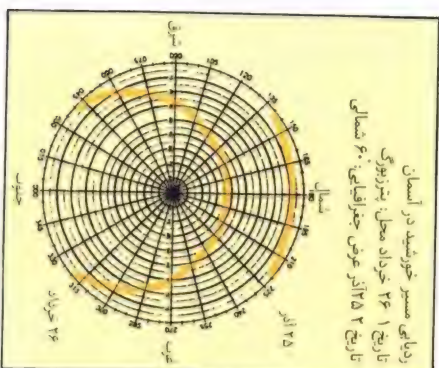


## رئایایی مسیر خورشید در آسمان

مسیر نمای خورشید ساعت آفتابی نیست و زمان را نشان نمی‌دهد. ولی ابرار جایی برای بررسی مسیر حرکت روزانه خورشید در آسمان است. نگاه کردن مستقیم به خورشید خطرناک است و با مسیر نمای خورشید می‌توانیم ارتفاع و سمت خورشید را به آسانی و با امنیت کامل اندازه‌گیری کنیم.

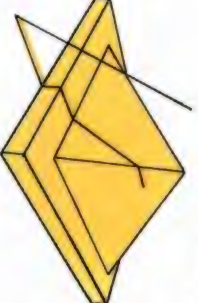
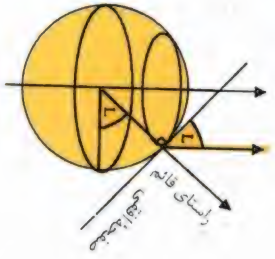


اگر آن را روی سطح افقی بگذاریم و چنان که در قاعده‌اش توضیح داده شده است تنظیم کنیم، می‌توانیم زاویه ارتفاع خورشید (که معمولاً «ارتفاع خورشید» خوانده می‌شود) و زاویه جهت خورشید را (که معمولاً «سمت خورشید» نامیده می‌شود) هر چندبار که بخواهیم پیدا کنیم. این نتیجه‌ها را به صورت‌های گوناگونی می‌توانیم ثبت کنیم، اما شاید بهترین راه، ترسیم آن‌ها روی کاغذ مدرج دایره‌ای (که در صفحه ۱۳ کتاب شاکت و ساخت ساعت هلی آفتابی آمده است) باشد. بهتر است اول چند فنونکی از آن بگیرید، بعد نتیجه‌ها را روی آن‌ها وارد کنید. در این‌جا چند نمونه ثبت نتیجه‌ها را می‌بینید.



در شهر تهران (روسیه) که عرض جغرافیایی آن حدود ۳۶° شمالی است، تفاوت چشمگیری بین تابستان و زمستان وجود دارد. در تابستان خورشید چندان از افق پایین‌تر نمی‌رود و در زمستان چندان از افق بالاتر نمی‌آید. در نقاط خیلی جنوبی‌تر مثل تحت جشمید که عرض جغرافیایی‌اش حدود ۲۰° شمالی است، این تفاوت کمتر است ولی به هر حال وجود دارد. این نتائج را با نتایجی که خودتان در زمان‌های مختلف یافته‌اید مقایسه کنید. اگر می‌خواهید در ایام تعطیل به محلی با عرض جغرافیایی متفاوت بروید و می‌توانید مسیر نمای خورشید را همراه ببرید. خیلی جالب است که مسیر خورشید را در روز قبل از حرکت و روز بعد از رسیدن خودتان روی صفحه نمودار ثبت کنید.

## ایجاد سایه

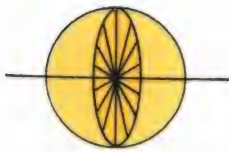


## شکل سایه

قسمتی از ساعت آفتابی را که سایه ایجاد می‌کند شاخص می‌نامند. اگر شاخص را در راستای ستاره قطبی بگیریم، با محور چرخش زمین موازی خواهد بود و همیشه با صفحه دایره‌البروج زاویه ثابتی می‌سازد. اگر بخواهیم یک ساعت آفتابی برای سراسر سال بسازیم، این کار لازم است.

این شکل نشان می‌دهد که هر خطی که در راستای ستاره قطبی باشد با صفحه افقی زاویه‌ای برابر با عرض جغرافیایی محل می‌سازد. این خط بسیار مهم در همه ساعت‌های آفتابی این مجموعه با رنگ آبی مشخص شده است.

سایه باید روی سطحی بیفتد تا دیده شود و واضح است که جهت شیب سطح در یافت‌کننده بر جهت سایه تأثیر می‌گذارد.



با اختیار دیدگاه زمین مرکزی، خورشید در هر شبانه‌روز یک بار به دور زمین می‌چرخد. بنابراین سایه محور آن بر روی صفحه استوا باید به‌طور یکدست، دقیقاً ۳۶۰ درجه در ۲۴ ساعت یا ۱۵ درجه در هر ساعت، بچرخد. این چرخش معادل یک درجه در هر ۴ دقیقه زمان است.

سایه روی هر صفحه دیگری که با صفحه استوا موازی نباشد با سرعت ثابت حرکت نخواهد کرد. بنابراین، برای تعیین دقیق جایی که سایه در هر ساعتی می‌افتد به معادلات یا ترسیم هندسی دقیق نیاز داریم، اما اگر شاخص در راستای قطب شمال آسمانی باشند سایه هر روز در همان ساعت دقیقاً به همان نشان‌ها می‌رسد.



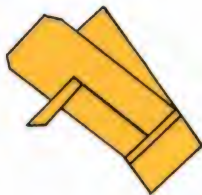
## زاویه ساعتی

چون یک ساعت متناظر است با چرخش ۱۵ درجه ای راستی سایه بر صفحه استوا، می توانیم زمان را به زاویه یا زاویه را به زمان تبدیل کنیم (با ضرب کردن در ۱۵ یا تقسیم کردن بر ۱۵). ظهور را به عنوان صفر می گیریم. زاویه ها در صبح منفی و در بعدازظهر مثبتند.

|                   |       |           |               |               |
|-------------------|-------|-----------|---------------|---------------|
| زمان              | ۹ صبح | ۱۰:۳۰ صبح | ۲:۳۰ بعدازظهر | ۶:۰۰ بعدازظهر |
| ساعت گذشته از ظهر | -۳/۰  | -۱/۵      | +۲/۵          | +۶/۰          |
| زاویه ساعتی       | -۴۵°  | -۲۲/۵°    | +۳۷/۵°        | +۹۰°          |

## ساعت آفتابی اساسی - نوع استوایی

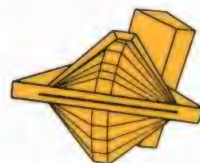
وقتی این ساعت آفتابی را برای عرض جغرافیایی خودتان تنظیم کنید و بر سطحی افقی روبه شمال بگذارید، شاخص آن به سوی قطب شمال آسمانی خواهد بود. در این حالت، سطح دریافت کننده نور خورشید با درجه بندی های روی آن، موازی با صفحه استوا است. توجه کنید که درجه بندی ها به فاصله مساوی و مطابق با زاویه های ساعتی قرار گرفته اند. در بهار و تابستان که خورشید در شمال استوا است تنها سطح بالایی را روشن می کند و در پاییز و زمستان فقط بر سطح بالایی می تابد. در این فصل ها خورشید در جنوب استوا است.



حوالی روزهای اول فروردین و اول مهر متوجه می شوید که وقتی مثل درست قرار گرفته باشد، هیچ یک از دو سطح خوب روشن نمی شود و شاخص سایه مناسبی نمی اندازد. علت این است که صفحه مدرج ساعت آفتابی استوایی، با صفحه استوای زمین موازی است. در این روزها خورشید آسمان را در صفحه استوا می بیند و در تمام طول روز روی لبه مقعر می تابد.

## ساعت آفتابی استوایی با شکاف نور

این ساعت آفتابی زمین را با محورش و صفحه استوا نمایش می دهد اما به جای شاخصی که سایه بیندازد، شاخص شکاف مانندی وجود دارد که پرتو نور از آن می گذرد. در هر حال، اساس کار آن همانند ساعت های آفتابی استوایی است. در این مدل صفحه مدرج حذف شده است، بنابراین به درجه بندی های بالایی و پایینی نیازی نیست. در عوض روی خطی موازی با استوا فاصله های مساوی علامت گذاری شده اند. دو ساعت آفتابی را کنار هم بگذارید تا شباهت ها و تفاوت های آن ها را ببینید.



## ساعت های آفتابی عمودی



در بناهای عمومی اغلب ساعت های آفتابی از نوع عمودی است. زیرا آن ها را می توان دید و تحسین کرد، اما در معرض دستکاری افراد بیگانه نیستند. اگر دیوار درست رو به جنوب باشد، ساعت آفتابی را «ساعت آفتابی عمودی رو به جنوب» می نامند. ساعت آفتابی عمودی در مدل ساعت آفتابی سه تایی وقتی روی صفحه افقی درست قرار گیرد، از این نوع است.

صفحه ساعت آفتابی عمودی رو به جنوب هم تصویری از صفحه استوا است، بنابراین تقسیم بندی های ساعت برابر نیستند. چون این تصویر همان تصویر مربوط به ساعت آفتابی افقی نیست، تقسیم بندی آن هم یکی نیست. اما ارتباط ساده ای بین آن ها وجود دارد.

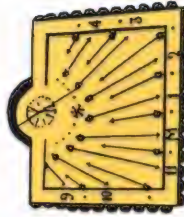
فرمول محاسبه زاویه های ساعتی X در ساعت آفتابی عمودی رو به جنوب چنین است:

$$\operatorname{tg} x = \cos L \operatorname{tg} H$$

| H     | ۲۵°  | ۳۰°  | ۳۵°  | ۴۰°  |
|-------|------|------|------|------|
| ۱۲:۰۰ | ۰/۰  | ۰/۰  | ۰/۰  | ۰/۰  |
| ۱:۰۰  | ۱۵/۰ | ۱۳/۱ | ۱۲/۴ | ۱۱/۶ |
| ۲:۰۰  | ۳۰/۰ | ۲۷/۶ | ۲۵/۳ | ۲۳/۹ |
| ۳:۰۰  | ۴۵/۰ | ۴۲/۲ | ۳۹/۳ | ۳۷/۵ |
| ۴:۰۰  | ۶۰/۰ | ۵۷/۵ | ۵۴/۸ | ۵۳/۵ |
| ۵:۰۰  | ۷۵/۰ | ۷۳/۵ | ۷۱/۹ | ۷۰/۷ |
| ۶:۰۰  | ۹۰/۰ | ۹۰/۰ | ۹۰/۰ | ۹۰/۰ |

این جدول ساعت های آفتابی عمودی رو به جنوب معادل جدول مربوط به ساعت های آفتابی افقی ولی برای عرض های جغرافیایی ۵۰ تا ۶۵° است.

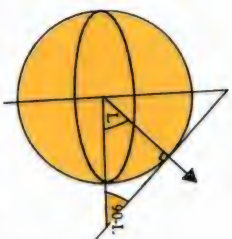
ساعت آفتابی عمودی رو به جنوب تنها در آن عرض جغرافیایی که برانش محاسبه شده است درست کار می کند و خورشید هرگز بیشتر از ۱۲ ساعت در روز بر آن نمی تابد. زیرا به پشت صفحه دیوار می رود. هرگز هم نمی تواند سایه ای بالای خط افقی ۶-۶ بیندازد، مگر این که آن را روی کوه های بلند ببرد. برای دیوارهای شمالی هم می توان ساعت آفتابی عمودی رو به شمال ساخت. ولی این ساعت تنها در تابستان، آن هم فقط در صبح زود و اواخر عصر، کار خواهد کرد.



ساعت های آفتابی را می توان برای دیوارهایی هم که مستقیماً رو به جنوب یا رو به شمال نیستند طراحی کرد. این کار وقتی پیش می آید که بخواهیم روی ساختمانی از قبل موجود ساعت عمودی نصب کنیم. در این صورت، تصویر تقسیم بندی های برابر صفحه استوا خیلی پیچیده تر خواهد شد، اما انجام این کار ممکن است و کتاب های راهنما برای آن وجود دارد. چنین ساعت های آفتابی را بهای سالی می توان تشخیص داد زیرا «۱۲» آن ها به طور قائم در پایین قرار گرفته است و درجه بندی آن ها متناظر نیست.



خوشبختانه این محاسبه زیاد دشوار نیست زیرا در هر عرض جغرافیایی مفروض صفحه افقی با صفحه استوا زاویه ثابتی می‌سازد. اگر عرض جغرافیایی  $\lambda$  باشد، آن‌گاه این زاویه برابر با  $\lambda - 90^\circ$  یا متمم عرض جغرافیایی است.



زاویه‌های  $X$  که درجه‌بندی ساعت‌ها را با خط ظهر می‌سازد از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$\text{tgh} = \sin \lambda \text{tgh} H$$

این جدول برخی نتایج را عرضه می‌کند ولی بهترین کار این است که آن‌ها را برای عرض جغرافیایی محل خودتان محاسبه کنید.

| ساعت<br>بعد از ظهر | زاویه ساعتی<br>$H$ | $20^\circ$ | $30^\circ$ | $35^\circ$ | $40^\circ$ |
|--------------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|
| ۰                  | $0^\circ$          | ۰/۰        | ۰/۰        | ۰/۰        | ۰/۰        |
| ۱                  | $15^\circ$         | ۶/۴        | ۸/۷        | ۹/۸        |            |
| ۲                  | $30^\circ$         | ۱۳/۷       | ۱۶/۱۱      | ۱۸/۳       | ۲۰/۴       |
| ۳                  | $45^\circ$         | ۲۲/۹       | ۲۶/۶       | ۲۹/۸       | ۳۲/۷       |
| ۴                  | $60^\circ$         | ۳۶/۲       | ۴۰/۹       | ۴۴/۸       | ۴۸/۱       |
| ۵                  | $75^\circ$         | ۵۷/۶       | ۶۱/۸       | ۶۵/۰       | ۶۷/۴       |
| ۶                  | $90^\circ$         | ۹۰/۰       | ۹۰/۰       | ۹۰/۰       | ۹۰/۰       |
| ۷                  | $105^\circ$        | ۱۲۲/۴      | ۱۱۸/۲      | ۱۱۵/۰      | ۱۱۲/۶      |

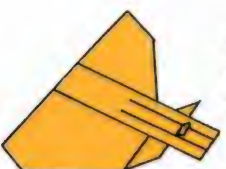
در محل ساعت آفتابی افقی برای آسانی کار به تقریب اکتفا شده است. به جای آن که تعداد زیادی ساعت آفتابی برای عرض‌های جغرافیایی مختلف رسم شود، یکی برای عرض جغرافیایی  $34^\circ$  محاسبه شده است تا در عرض‌های  $25^\circ$  تا  $40^\circ$  به کار رود. البته با این کار پای تقریب به میان می‌آید و شاید بهتر باشد خودتان با استفاده از فرمول بالا درجه‌بندی دقیق را محاسبه کنید.

### قطب‌نمای خورشیدی

قطب‌نمای خورشیدی نوعی ساعت آفتابی افقی جامع (برای تمام عرض‌ها) است که به‌طور وارونه به‌کار می‌رود. با تنظیم آن برای وقت خورشید محلی در عرض جغرافیایی خود می‌توانید شمال را بیابید.

خط‌های منحنی نشان می‌دهند که زاویه‌های درجه‌بندی ساعت‌ها در عرض‌های جغرافیایی مختلف متفاوتند.

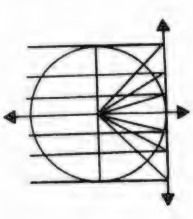
از آن به عنوان ساعت آفتابی سفری هم می‌توان استفاده کرد زیرا تا می‌شود و به صورت صاف در می‌آید. از آن می‌توان در عرض‌های جغرافیایی بین  $25^\circ$  تا  $40^\circ$  درجه شمالی استفاده کرد. یادتان باشد که شاخص را هم باید در «پیکان» آن نصب کنید.



صفحه مدرج ساعت‌های آفتابی قطبی، با محور زمین موازی است و هنگام استفاده باید لبه‌های بالایی و پایینی آن در امتداد شرق غرب قرار گیرند. نشان‌های ساعت‌ها تصویر زاویه‌های ساعتی  $15^\circ$  درجه‌ای ساعت آفتابی استوایی برخی مماس بر دایره است. شعاع دایره با ارتفاع شاخص روی صفحه برابر است. اندازه فاصله‌ها را می‌توان با رسم بدست آورد، اما اگر ماشین حساب در دسترس باشد، احتمالاً محاسبه آن‌ها راحت‌تر است. برای نمونه‌ای که ارتفاع شاخص آن  $40^\circ$  میلی‌متر باشد فرمول فاصله چنین است:

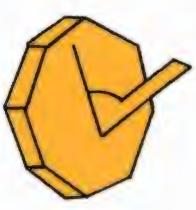
$$X = 40 \cdot \text{tgh} H$$

| درجه‌بندی میلی‌متری<br>$X = \text{tgh} H$ | زاویه ساعتی | زمان               |
|---|-------------|--------------------|
| ۵/۳                                       | $+7/5$      | $12:30$ بعد از ظهر |
| $10/7$                                    | $+15$       | $1:00$ بعد از ظهر  |
| $23/1$                                    | $+30$       | $2:00$ بعد از ظهر  |
| $40$                                      | $+45$       | $3:00$ بعد از ظهر  |



### ساعت‌های آفتابی افقی

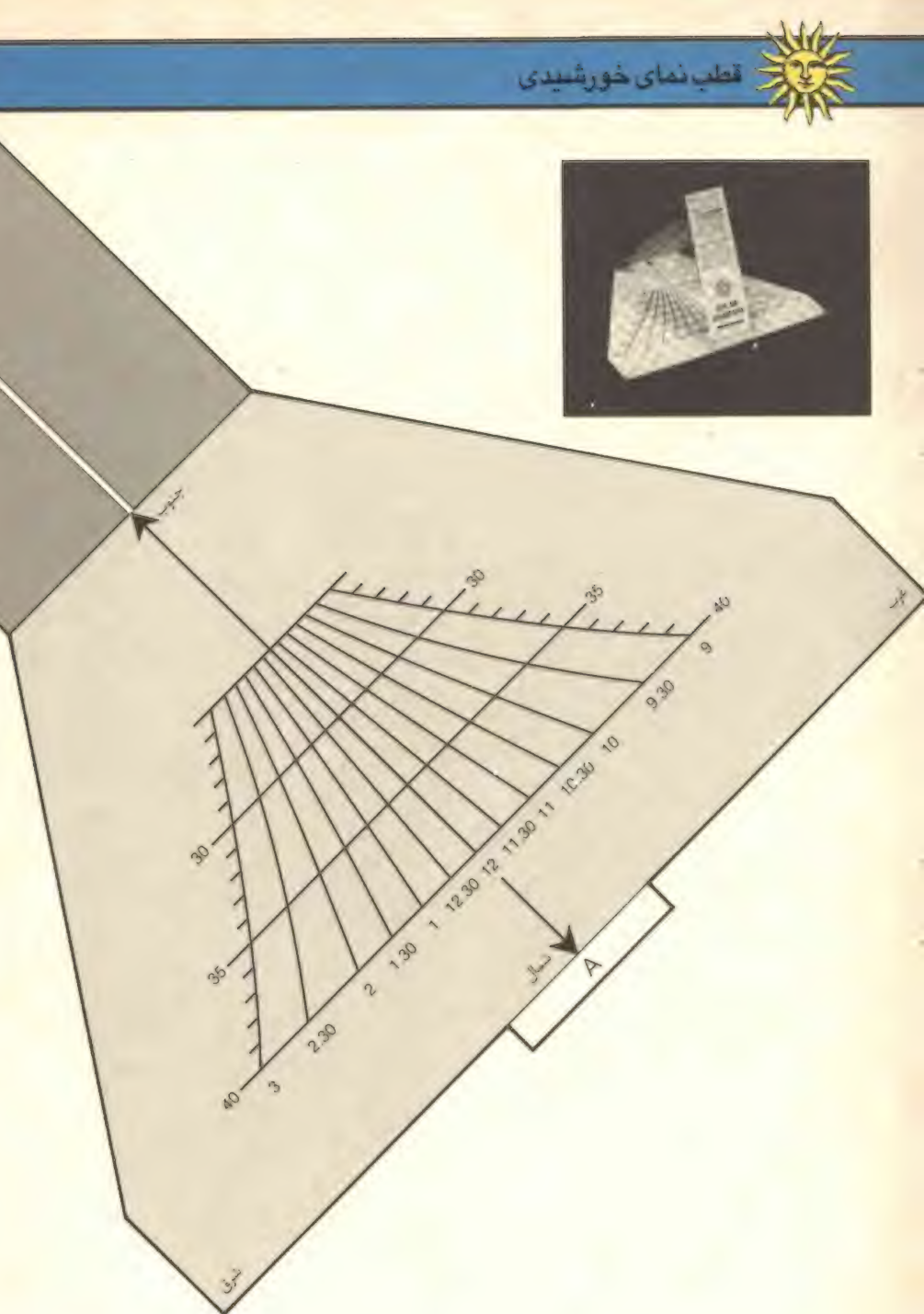
ساعت‌های آفتابی افقی احتمالاً فراوان‌ترین نوع ساعت آفتابی هستند. شاخص ساعت آفتابی افقی باید به سوی قطب شمال آسمانی باشد؛ بنابراین باید با سطح افقی زاویه‌ای معادل عرض جغرافیایی محل بسازد. ظاهراً صفحه افق برایمان خیلی مهم است اما باید به یاد داشت که صفحه‌ای اساسی برای ساعت آفتابی صفحه‌ای استوایی است. درجه‌بندی‌های مسلولی مربوط به سایه شاخص بر صفحه استوا، وقتی بر صفحه افقی تصویر شوند، دیگر مسلولی نیستند. اندازه آن‌ها را باید برای هر عرض جغرافیایی خاص حساب کرد و ساعت آفتابی افقی تنها در همان عرض جغرافیایی دقیق کار می‌کند.





در امتداد خط‌های  
سیاه مربوط به عرض  
جغرافیایی برش دهید.

در امتداد خط سیاه  
برش دهید.



### طول و عرض جغرافیایی مراکز استانهای ایران

| شهر       | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی | شهر      | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی | شهر      | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی |
|-----------|---------------|---------------|----------|---------------|---------------|----------|---------------|---------------|
| اراک      | ۴۹°، ۴۲'      | ۳۴°، ۰۵'      | تبریز    | ۴۶°، ۱۷'      | ۳۸°، ۰۵'      | شیراز    | ۵۲°، ۳۲'      | ۲۹°، ۳۷'      |
| اردبیل    | ۴۸°، ۱۸'      | ۳۸°، ۱۵'      | تهران    | ۵۱°، ۲۴'      | ۳۵°، ۴۱'      | قزوین    | ۵۰°، ۰۰'      | ۳۶°، ۱۶'      |
| ارومیه    | ۴۵°، ۰۲'      | ۳۷°، ۳۲'      | خرم‌آباد | ۴۸°، ۲۱'      | ۳۳°، ۲۹'      | قم       | ۵۰°، ۵۳'      | ۳۴°، ۳۸'      |
| اصفهان    | ۵۱°، ۳۹'      | ۳۲°، ۳۸'      | رشت      | ۴۹°، ۳۵'      | ۳۷°، ۱۶'      | کرمان    | ۵۷°، ۰۵'      | ۳۰°، ۱۷'      |
| اهواز     | ۴۸°، ۴۰'      | ۳۱°، ۱۹'      | زاهدان   | ۶۰°، ۵۲'      | ۲۹°، ۲۹'      | کرمانشاه | ۴۷°، ۰۴'      | ۳۴°، ۱۸'      |
| ایلام     | ۴۶°، ۲۵'      | ۳۳°، ۳۸'      | زنجان    | ۴۸°، ۲۸'      | ۳۶°، ۴۰'      | گرگان    | ۵۴°، ۲۶'      | ۳۶°، ۵۰'      |
| بجنورد    | ۵۷°، ۱۹'      | ۳۷°، ۲۸'      | ساری     | ۵۳°، ۰۵'      | ۳۶°، ۳۴'      | مشهد     | ۵۹°، ۳۶'      | ۳۶°، ۱۷'      |
| بندر عباس | ۵۶°، ۱۸'      | ۲۷°، ۱۱'      | سمان     | ۵۳°، ۲۳'      | ۳۵°، ۳۴'      | همدان    | ۴۸°، ۳۱'      | ۳۴°، ۴۸'      |
| بوشهر     | ۵۰°، ۵۱'      | ۲۸°، ۵۹'      | سنندج    | ۴۷°، ۰۰'      | ۳۵°، ۱۹'      | یاسوج    | ۵۱°، ۳۶'      | ۳۰°، ۴۰'      |
| بیرجند    | ۵۹°، ۱۳'      | ۳۲°، ۵۳'      | شهرکرد   | ۵۰°، ۵۱'      | ۳۲°، ۱۹'      | یزد      | ۵۴°، ۲۲'      | ۳۱°، ۵۳'      |

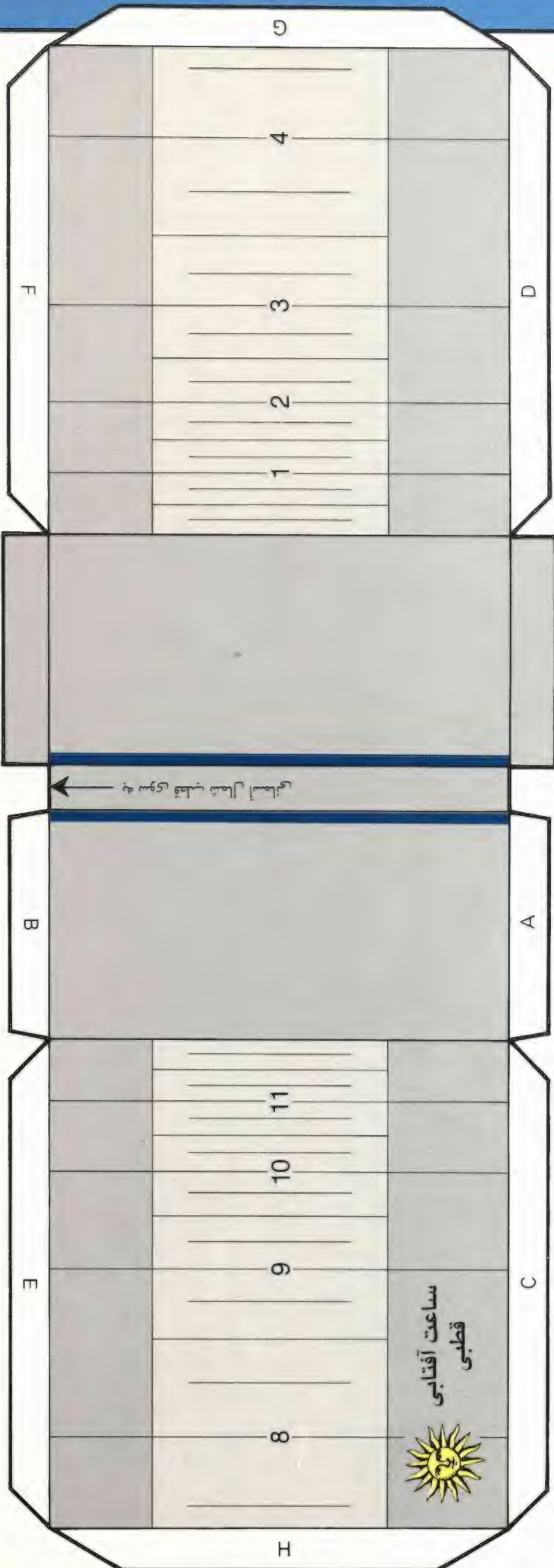
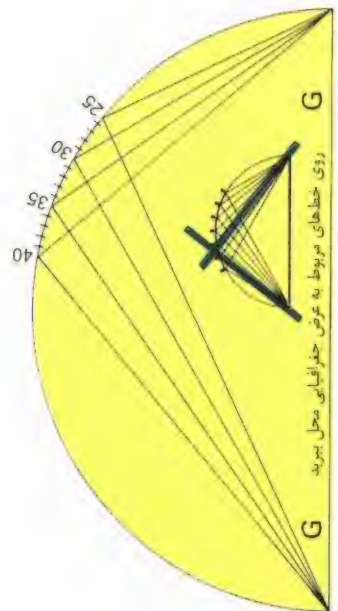
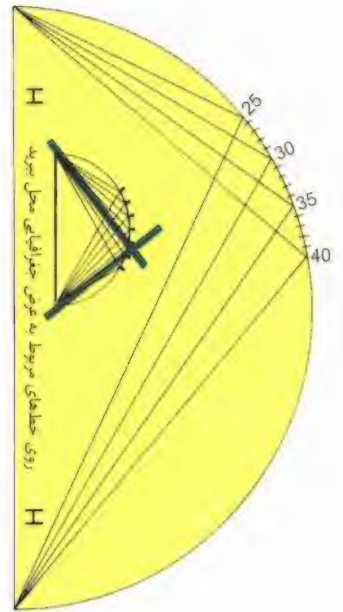
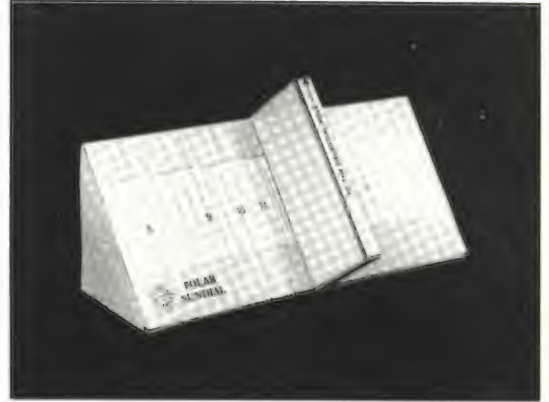




## شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی شرکت انتشارات علمی و فرهنگی



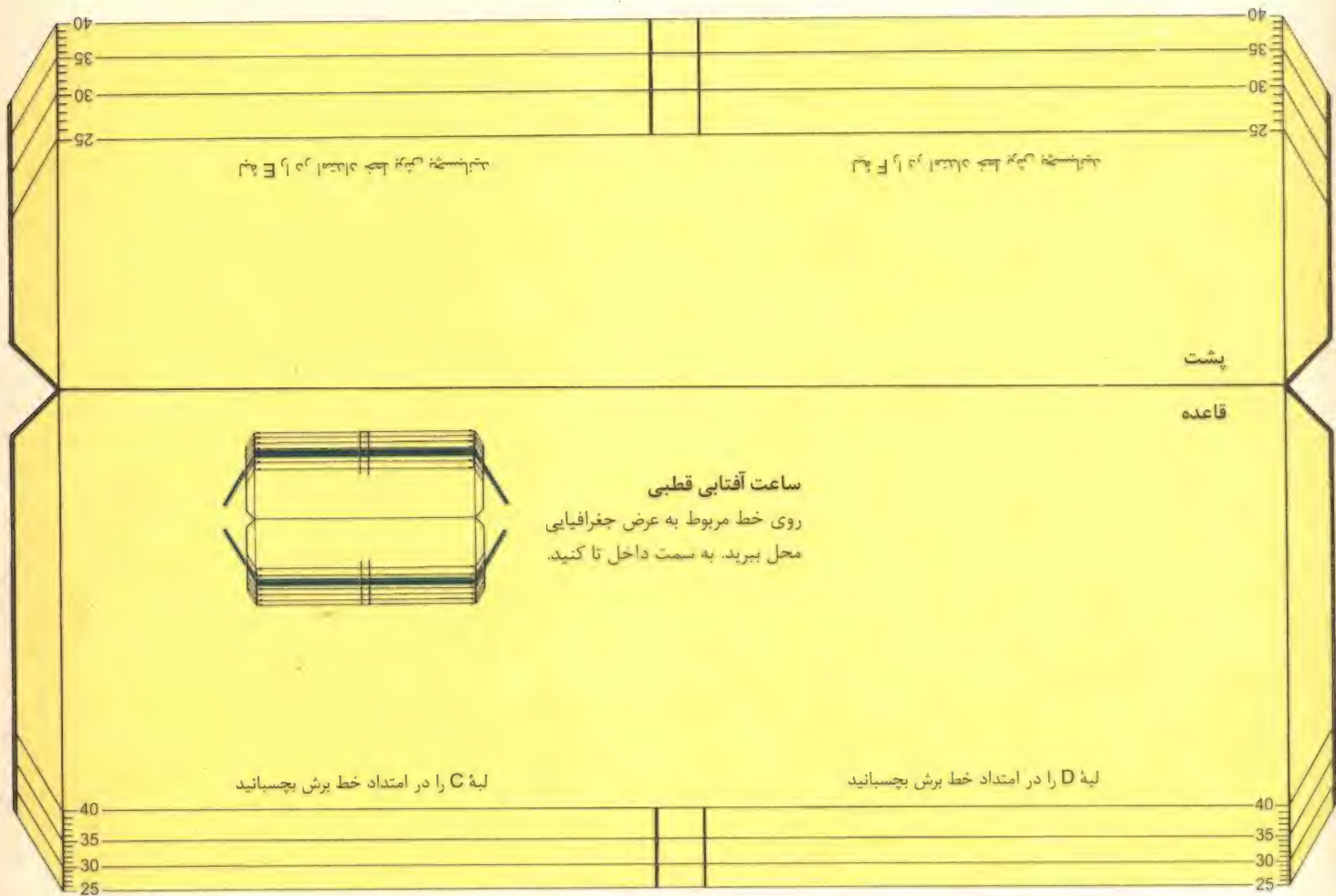
کار این مدل برعکس ساعت آفتابی معمولی است. به جای آن که آن را در امتداد شمال بگذارید تا زمان را بسنجید، با دانستن زمان، امتداد شمال را با آن پیدا می‌کنید. همانند ساعت آفتابی افقی است. شاخص باید با صفحه افقی چون اساس کار آن همانند ساعت افقی باشد. این کار با فرو کردن زائنه یا به پستی در زاویه‌ای برابر با عرض جغرافیایی محل انجام می‌شود. به عرض جغرافیایی تغییر می‌کند. شکاف مربوط به عرض جغرافیایی محل آفتابی افقی با توجه به این امر مربوط می‌شود. این زاویه بین خطوط ساعت‌ها در ساعت آفتابی افقی ۲۵ تا ۴۰ درجه می‌توان بکار برد. خط مربوط به عرض قطب‌نمای خورشیدی را در هر عرضی بین ۲۵ تا ۴۰ درجه می‌توان بکار برد. خط مربوط به عرض جغرافیایی محل خود را با خطی رنگی مشخص کنید. آن را افقی نگه دارید و رو به خورشید به‌طور افقی بچرخانید تا برای استفاده از قطب‌نمای خورشیدی آن را افقی نگه دارید و رو به خورشید به‌طور افقی بچرخانید تا باریکه نور خط مربوط به عرض جنوب هستید و شمال در سمت پشت سر شما است. در این وضعیت روزه معمولاً با زمانی که ساعت میچی نشان می‌دهد قدری فرق دارد و برای جهت‌یابی دقیق‌تر باید تصحیح‌های بیان‌شده در کتابچه را در زمان اعمال کنید.





A

B



## استوانه زمان برای یافتن زمان در سراسر جهان



شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی  
شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

با چرخاندن درپوش استوانه می‌توانید زمان را در هر جای جهان تنظیم کنید. سپس به کمک استوانه زمان، وقت را در هر جای دیگری تعیین کنید. نقشه نشان می‌دهد که در برخی کشورها، ایالتها یا استان‌ها منطقه زمانی‌ای به‌کار می‌رود که از منطقه زمانی استاندارد خارج می‌شود. مثلاً در سراسر چین وقت یکسان است. که ۸ ساعت بیشتر از گرینویچ است. به‌کار می‌رود؛ هر چند این کشور چندین منطقه زمانی را شامل می‌شود. حلقه بالای استوانه وقت را برای هر یک از منطقه‌های زمانی نشان می‌دهد.



استوانه زمان  
برای یافتن زمان در سراسر جهان





شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی  
شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

ساخته شده برای عرض جغرافیایی

سطح افقی و در راستای دقیق شمال - جنوب بگذاریم،  
ساعت درست را نشان می دهد.  
می بینید که درجه بندی ها در دو سوی ظهر متقارند و  
در عین حال، دو صفحه مدرج مستقل برای قبل از ظهر  
و بعد از ظهرند. به علت ضخامت شاخص، یک لبه آن  
صبح ها و لبه دیگرش بعد از ظهرها سایه می اندازد.

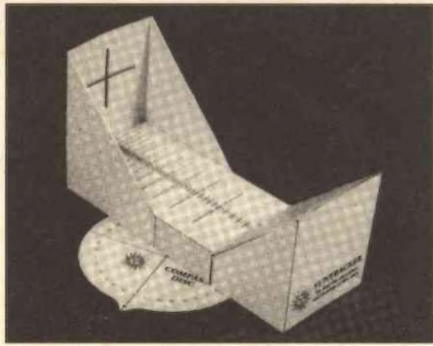
درجه بندی ساعت های آفتابی قطبی ثابت است. وقتی این  
درجه بندی ها را درست محاسبه و ترسیم کنیم، در تمام  
عرض های جغرافیایی قابل استفاده اند به شرطی که شاخص  
و صفحه مدرج هر دو موازی با محور زمین باشند.  
برای این منظور، باید زاویه شیب هردوی آنها نسبت به  
صفحه افقی برابر با عرض جغرافیایی محل باشد. این زاویه  
ضمن ساختن مدل تنظیم شده است. وقتی مدل را روی











صليب را برش  
دهيد و درآوريد



شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی  
شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

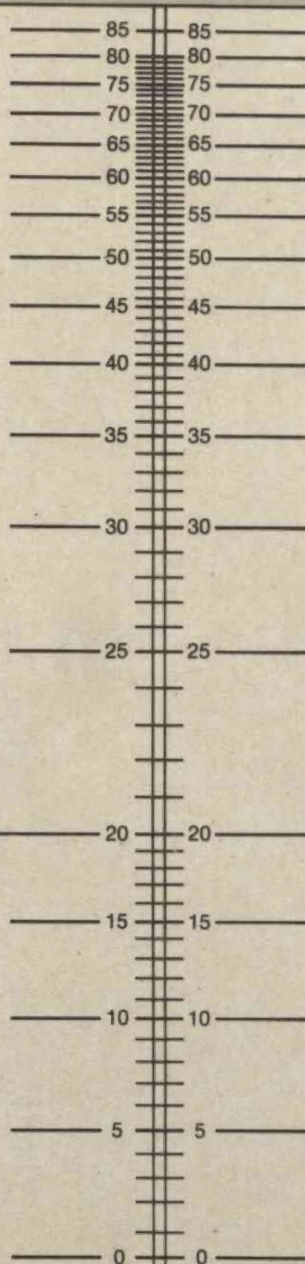
پرتو خورشید گذرنده از شکاف، روی مسیرنمای خورشید نقش صلیبی می‌اندازد. وقتی مسیرنما روی سطح افقی چنان قرار گیرد که مرکز صلیب روی محور درجه‌بندی شده واقع شود، مسیرنما درست به سمت خورشید است. در این وضع، زاویه ارتفاع خورشید برحسب درجه را می‌توان روی محور مدرج خواند.

اگر دایره جهت‌نما در راستای درست گذاشته شود، در هر لحظه از روز می‌توان سمت و ارتفاع خورشید را یافت. خورشید در هنگام ظهر به بیشترین ارتفاع خود طی آن روز می‌رسد.

خورشید در طول سال، در ظهر روز اول تیر به بیشترین ارتفاع خود می‌رسد. خورشید در ظهر روز اول دی به کمترین ارتفاع خود می‌رسد.

مقادیر ارتفاع و سمت خورشید را می‌توان روی کاغذ گرافیکی مخصوصی که در صفحه ۱۳ می‌بینید ثبت کرد. به این ترتیب می‌توانیم مسیر روزانه خورشید را در روزهای مختلف سال ثبت و نتیجه‌ها را با هم مقایسه کنیم.

مسیر نمای خورشید ضمناً بهترین وسیله یافتن راستای شمال حقیقی برای تنظیم جهت مدل‌های ساعت آفتابی هم هست. این موضوع در کتابچه بیان شده است.



F

F

G

H

D

E

D

E

D

C

B

A

M



H

G

F

F

F

F

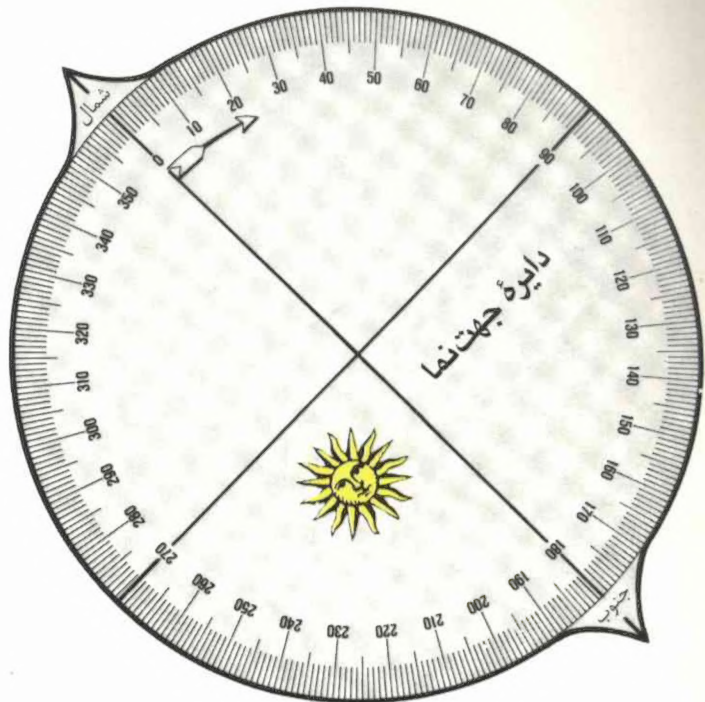
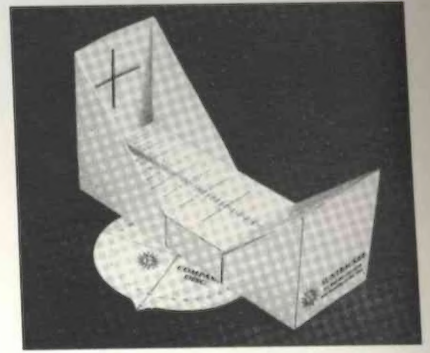
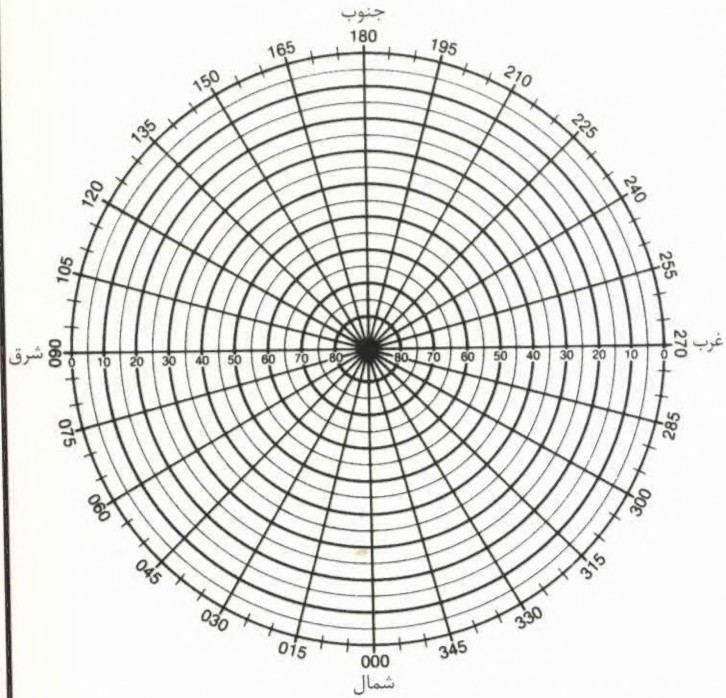
A





### ثبت مسیر روزانه خورشید

تاریخ ۱ \_\_\_\_\_ مکان \_\_\_\_\_  
تاریخ ۲ \_\_\_\_\_ عرض جغرافیایی \_\_\_\_\_







شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی  
برکت انتشارات علمی و فرهنگی



۴ زمان را بخوانید این زمان محلی است که در طول روز با ساعت آفتابی به دست می‌آید.

۳ با زوی راهنما را بچرخانید تا وقتی که لبه آبی در راستای ستارگان قزاول (دب و مراق) قرار گیرد.

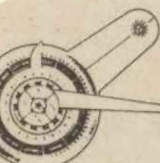
دو ستاره دب و مراق «ستارگان قزاول» خوانده می‌شوند.

دب مراق

دب مراق

قبل از چسب زدن  
ببرید و درآورید

۲ ساعت ستاره‌ای را طوری بگیرید که ستاره قطبی را درون سوراخ ببینید. ستاره قطبی را در مرکز سوراخ پیورید. ساعت ستاره‌ای را در صفحاتی عمود بخط دید خود چنان نگه‌دارید که محور آن به‌طور قائم باشد.



مركز را بر ستاره  
قطبی منطبق کنید

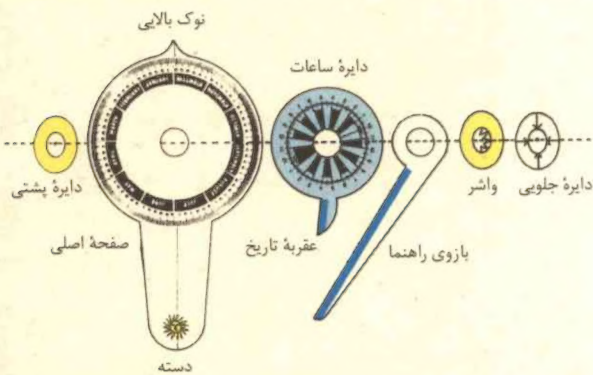
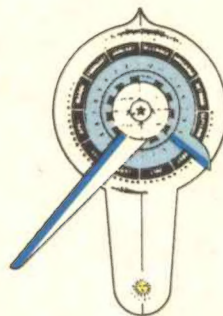
ستاره قطبی

۱ عقربه دایره ساعات را طبق تاریخ تنظیم کنید.

راهنمای استفاده از ساعت ستاره‌ای

## راهنمای ساخت ساعت ستاره‌ای

- ۱ همه دایره‌های کوچک درونی را ببرید و در آورید.
- ۲ دو تکه مربوط به صفحه اصلی را ببرید و پشت به پشت بچسبانید.
- ۳ تکه مربوط به دایره ساعات را ببرید و تا کنید. درون تا چسب بریزید و دو لایه را محکم بچسبانید.
- ۴ صفحه اصلی و صفحه ساعات را به دقت از روی مسیر «روی این خط ببرید» برش دهید.
- ۵ تکه‌های دیگر را ببرید و جاهای نشان‌داده‌شده را چسب بزنید و تا کنید.
- ۶ چهار تکه مرکزی را چنان‌که در شکل نشان داده شده است روی هم سوار کنید. دندان‌های واشر از سوراخ‌های میانی می‌گذرند و تکه‌ها را به هم وصل می‌کنند. پشت صفحه اصلی را تنها روی لبه‌های E چسب بزنید. صفحه ساعات و بازوی راهنما باید آزادانه و مستقل بچرخند.
- ۷ با استفاده از حروف F و G دایره‌های جلویی و پشتی را در جای خود قرار دهید.



## تعدیل زمان

| ماه<br>روز | ۱   | ۲    | ۳    | ۴   | ۵   | ۶    | ۷     | ۸     | ۹     | ۱۰   | ۱۱   | ۱۲   |
|------------|-----|------|------|-----|-----|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| ۱          | ۷/۲ | -۱/۳ | -۳/۴ | ۱/۹ | ۶/۴ | ۲/۶  | -۷/۵  | -۱۵/۷ | -۱۳/۹ | -۱/۴ | ۱۱/۳ | ۱۳/۸ |
| ۶          | ۵/۷ | -۲/۲ | -۲/۹ | ۳   | ۶/۵ | ۱/۳  | -۹/۳  | -۱۶/۲ | -۱۲/۴ | ۱    | ۱۲/۵ | ۱۳/۱ |
| ۱۱         | ۴/۲ | -۲/۹ | -۲/۲ | ۴   | ۶/۲ | -۰/۲ | -۱۰/۹ | -۱۶/۴ | -۱۰/۶ | ۳/۵  | ۱۳/۵ | ۱۲/۲ |
| ۱۶         | ۲/۷ | -۳/۴ | -۱/۴ | ۴/۸ | ۵/۶ | -۱/۹ | -۱۲/۴ | -۱۶/۳ | -۸/۶  | ۵/۸  | ۱۴   | ۱۱/۱ |
| ۲۱         | ۱/۳ | -۳/۶ | -۰/۴ | ۵/۶ | ۵   | -۳/۶ | -۱۳/۷ | -۱۵/۹ | -۶/۳  | ۷/۹  | ۱۴/۳ | ۹/۸  |
| ۲۶         | ۰/۱ | -۳/۶ | ۰/۶  | ۶/۱ | ۴/۱ | -۵/۴ | -۱۴/۶ | -۱۵/۱ | -۳/۹  | ۹/۷  | ۱۴/۲ | ۸/۴  |

مقادیر تعدیل زمان در این جدول برحسب دقیقه و دهم دقیقه داده شده است. اعداد جدول‌های دیگر ممکن است تا ۰/۳ دقیقه با این اعداد تفاوت داشته باشند که علت آن نحوه اثر دادن سال‌های کبیسه است.

## کارت تعدیل زمان

این کارت را با ساعت‌های آفتابی‌تان نگه‌دارید و از آن برای تبدیل زمان خورشیدی محلی به زمان ساعت دیواری و به‌عکس استفاده کنید.

### تبدیل زمان

ساعت‌های آفتابی زمان خورشیدی محلی را نشان می‌دهند که با زمان ساعت دیواری یکی نیست. روش تبدیل هر یک از این دو نوع زمان به دیگری در کتابچه ساعت‌های آفتابی آمده است.  
تنظیم زمان بستگی دارد به طول جغرافیایی محل و روز مورد نظر.

عرض جغرافیایی محل .....

طول جغرافیایی محل .....

۱ تصحیح مربوط به منطقه زمانی = .....

۲ تنظیم روزانه تعدیل زمان = .....

تنظیم کلی روزانه = .....

زمان ساعت دیواری = تنظیم کلی روزانه + زمان ساعت آفتابی